



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Traitement de la pollution atmosphérique :
Réalisation d'un mur végétal.

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr MOSTEFAOUI Lotfi & Mlle MOSTEFAOUI Kawtar

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MIMOUNI Chahinez	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Présidente
HEBBAR Chafika	Professeur	Université d'Oran2/IMSI	Encadrante
CHAHMANA Safia	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Examineur

Année 2022/2023

Dédicaces

À la mémoire de mon très cher père, mon oncle et à ceux que j'ai perdu.

Je dédie ce travail à ma mère, dont le soutien indéfectible m'a permis de mener à bien ce travail.

Mon neveu **Eyden**, ma sœur **Djazia** et mon beau-frère **Mehdy**.

Mon frère **Yacine**.

Et à tous ceux dont je n'ai pas cité le nom et que j'aime tendrement.

MOSTEFAOUI Kawtar

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma très chère famille, qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement à mes parents pour leur amour et support inconditionnels tout au long de mon parcours.

À mes chères frères et sœurs.

À mes amis.

Et à tous ceux qu'on a perdus, qui restent dans nos mémoires pour toujours.

MOSTEFAOUI Lotfi

Remerciements

Nous remercions Dieu tout-puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme HEBBAR, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à M ZEMZEM et Mme CHACHOUA, pour leurs précieuses informations, soutien moral et leurs encouragements durant notre stage pratique à Sonatrach GL2/Z.

Nos remerciements s'adressent également à M TOUAA, et M ARICHI pour leur aide pratique ainsi que leur partage d'informations.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Nous remercions nos professeurs pour la qualité de l'enseignement prodiguée durant ces cinq dernières années.

Pour conclure, on souhaite adresser nos remerciements à tout l'ensemble du personnel du département HSE, ainsi qu'à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Résumé

ملخص

Abstract

Résumé : La pollution de l'air est devenue une préoccupation majeure à l'échelle mondiale en raison de ses effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 99 % de la population mondiale respire un air pollué. Par conséquent, les particules fines et les polluants gazeux peuvent pénétrer dans les voies respiratoires, provoquant des problèmes cardiovasculaires et des atteintes respiratoires. De plus, elle peut entraîner la dégradation des sols, la contamination des sources hydriques et avoir des effets néfastes sur les écosystèmes, la biodiversité et le climat. Pour traiter efficacement la pollution atmosphérique, il est crucial d'adopter des méthodes de traitement appropriées. Le présent travail aborde le problème croissant de la pollution atmosphérique et se concentre sur le rôle du mur végétal en tant que solution prometteuse et efficace pour son traitement.

Mots clés : pollution atmosphérique, polluants atmosphériques, mur végétal, phytoremédiation, bio filtration

Abstract : Air pollution has become a major global concern due to its adverse effects on human health and the environment. According to the World Health Organization, 99% of the world's population breathe polluted air. Consequently, fine particles and gaseous pollutants can enter the airways, causing cardiovascular problems and respiratory damage. In addition, it can cause soil degradation, contamination of water sources and have adverse effects on ecosystems, biodiversity and the climate. To effectively treat air pollution, it is crucial to adopt appropriate treatment methods. The present work addresses the growing problem of air pollution and focuses on the role of the green wall as a promising and effective solution for its treatment.

Keywords: air pollution, air pollutants, green wall, phytoremediation, bio filtration

ملخص

تتناول هذه المذكرة مشكلة تلوث الهواء المتزايدة، وتركز على دور الجدار النباتي كحل فعال لمعالجته. أصبح تلوث الهواء مصدر قلق عالمي كبير بسبب آثاره الضارة على صحة الإنسان وعلى البيئة. وفقاً لمنظمة الصحة العالمية، يتنفس 99% من سكان العالم هواء ملوثاً، ونتيجة لذلك، يمكن للجزيئات الدقيقة والملوثات الغازية أن تدخل الجهاز التنفسي، مسببة مشاكل في القلب والأوعية الدموية وتلف الجهاز التنفسي. وبالمثل، يمكن أن يؤدي تلوث الهواء إلى تدهور التربة وتلوث مصادر المياه، كما أن له آثار ضارة على النظم البيئية والتنوع البيولوجي والمناخ. من أجل معالجة تلوث الهواء، من المهم جداً استعمال أساليب وتقنيات فعالة. من بينها، أثبت الجدار النباتي أنه حل واعد.

في الختام، تسلط هذه المذكرة الضوء على الجدار النباتي كحل فعال لمعالجة تلوث الهواء.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء، ملوثات الهواء، جدار النبات، المعالجة النباتية، الترشيح الحيوي

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableau

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ALRI : infection aiguë des voies respiratoires inférieures

ARDL : Auto Regressive Distributed Lag

BM : Banque Mondiale

CFC : Chloro Fluoro Carbures

COP : Conférence des parties

COV : Composés Organiques Volatiles

DD : Développement durable

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

hPa : Hectopascal (= 100 pascal)

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

MV : Mur Végétal

NO_x : Oxydes d'azote

ONU : Organisation des nations unies

PM₁₀, PM_{2.5} : Particular matter (Matières Particulaires)

POP : Polluants Organiques Persistants

Ppm : partie par million

SME : Système de Management Environnemental

SO_x : Oxydes de soufre

UV : Ultra-violets

Liste des tableaux

	Page
Tab. 1 - Composition de l'atmosphère au niveau du sol.....	3
Tab. 2 - Valeurs limites et seuils réglementaires européens	16
Tab. 3 - Différents polluants atmosphériques, leurs sources.....	20
Tab. 4 - Dates de création des institutions prenant en charge l'administration de l'environnement.....	43
Tab. 5 – Sources et Effets des GES sur la santé et l'environnement et Moyens de réduction.....	51
Tab. 6 - Durée de vie estimée de chaque GES.....	52
Tab. 7 - Plantes dépolluantes et leurs effets en fonction des polluants	63
Tab. 8 - Coût total de la réalisation du modèle du mur végétal.....	73

Liste des figures

	Page
Fig. 1.1 - Graphe montrant la structure verticale de l'atmosphère	4
Fig. 1.2 - Illustration qualitative des principales sources de composés d'origine anthropique ou naturelle et de leurs interactions dans la troposphère.....	9
Fig. 1.3 - Polluants atmosphériques	10
Fig. 1.4 - Formation de l'ozone troposphérique	14
Fig. 1.5 - Émissions de CO ₂ réservé au transport (% de la combustion totale de carburants).....	17
Fig. 2.1 - Appareil respiratoire et pénétration des particules	27
Fig. 2.2 - Causes et Effets de la pluie acide	29
Fig. 2.3 - Mortalité due à des anomalies de températures ces deux dernières décennies	31
Fig. 4.1 - Morts additionnelles générées par les émissions d'un habitant	53
Image 5.1 - Réalisation 3D d'un mur végétal contenant des plantes dépolluantes	59
Image 5.2 - Implantation du modèle du mur végétal dans un salon 3D	59
Fig. 5.1 - Feutre horticole	60
Fig. 5.2 - Sphaigne.....	60
Fig. 5.3 - Fourrage	61
Image 5.3 – Illustrations des plantes dépolluantes	65
Image 5.4 – Mur Végétal	68

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Résumé

ملخص

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

	Page
Introduction générale	1
Chapitre I : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique ...	3
1.1. Définition de l'atmosphère.....	3
1.2. Composants de l'atmosphère	3
1.3. Structure verticale de l'atmosphère.....	4
1.3.1 Troposphère.....	4
1.3.2 Stratosphère	5
1.3.3 Mésosphère.....	5
1.3.4 Thermosphère	5
1.4. Généralités sur la pollution	6
1.4.1 Définition de la pollution.....	6
1.4.2 Types de pollution	6
1.5. Pollution atmosphérique	7
1.5.1 Historique de la pollution atmosphérique.....	7
1.5.2 Définition de la pollution atmosphérique	8
1.5.3 Types de pollution atmosphérique.....	9
1.6. Polluants atmosphérique	10
1.6.1 Définition d'un polluant atmosphérique.....	10
1.6.2 Types de polluants atmosphériques	11
1.6.2.1 Polluants primaires	11

1.6.2.2 Polluants secondaires	13
1.6.3 Aspects réglementaire du contrôle des rejets dans l'air.....	15
1.7. Sources de la pollution atmosphérique	16
1.7.1. Emission des véhicules	17
1.7.2. Emissions industrielles.....	17
1.7.3. Emissions agricoles.....	17
1.7.4. Feux de forêts.....	18
1.7.5. Emissions domestiques	18
1.7.6. Emissions naturelles.....	18
1.7.7. Emissions dues au traitement de déchets	18
1.8. Facteur influenceurs de la pollution atmosphérique	19
1.8.1. Conditions météorologiques	19
1.8.1.1 Température.....	19
1.8.1.2 Humidité.....	19
1.8.1.3 Vent	19
1.8.2 Activités humaines	20
1.8.3 Politiques environnementale.....	20
1.9. Surveillance de la qualité de l'air.....	21
Références bibliographiques	22
Chapitre II : Impact de la pollution de l'air.....	24
2.1. Impacts sanitaires	24
2.1.1 Problèmes respiratoires	24
2.1.2 Maladies cardiovasculaires.....	24
2.1.3 Cancer	25
2.1.4 Effets sur le système nerveux.....	26
2.1.5 Effets sur la reproduction	26
2.1.6 Effets des particules en suspension (PM) sur la santé.....	26
2.2. Impacts environnementaux	28
2.2.1 A l'échelle locale.....	28

2.2.2.	A l'échelle régionale	29
2.2.3.	A l'échelle globale/planétaire.....	31
	Références bibliographiques	32

Chapitre III : Protection juridique ou réglementaire de l'atmosphère dans le monde et en Algérie..... 35

3.1.	Cadre juridique de la protection de l'atmosphère et de la pollution atmosphérique dans le monde.....	35
3.1.1	La Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone (1985).....	36
3.1.2	Protocole de Montréal (1987)	36
3.1.3	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatiques (1992).....	36
3.1.4	Protocole de Kyoto à la CCNUCC (1997).....	37
3.1.5	Protocole de Göteborg (1999).....	37
3.1.6	Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (2001).....	37
3.1.7	La Convention de Minamata sur le mercure (2013)	38
3.1.8	Accord de Paris (2015).....	38
3.2.	Cadre Juridique de la protection de l'atmosphère et de la pollution atmosphérique en droit Algérien.....	39
3.2.1.	Protection de la couche d'ozone	39
3.2.2.	Changements Climatiques.....	40
3.2.3.	Polluants Organiques Persistants	40
3.3.	Loi du 83/03 relative à la protection de l'environnement	41
3.4.	Loi du 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable	41
3.5.	Cadre institutionnel de la protection de l'atmosphère en Algérie.....	42
3.5.1.	Le ministère de l'environnement et des énergies renouvelables	44
3.5.2.	L'agence nationale des changements climatiques (ANCC).....	44
3.5.3.	Agence nationale des Déchets (AND).....	45
3.5.4.	Observatoire Nationale de l'Environnement et du Développement Durable.....	45
3.5.5.	Centre National des Technologies de Production plus Propre (CNTPP).....	46
3.6.	Fiscalité contribuant à la protection de l'atmosphère en Algérie	46

3.6.1.	La Taxe sur les Activités Polluantes et Dangereuses pour l'environnement	47
3.6.2.	Taxe sur les produits pétroliers	47
3.6.3.	Taxe complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle	48
3.6.4.	Tarifification progressive de l'électricité.....	48
3.7.	Solutions face à la pollution de l'air en Algérie	48
	Références bibliographiques	50

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique 51

4.1.	Réduire les émissions de gaz à effet de serre.....	51
4.2.	Captage et le stockage du carbone CSC	52
4.3.	SAMA SAFIA	53
4.4.	Bio-surveillance végétale.....	54
4.5.	Smart Cities.....	54
4.6.	Utilisation de sources d'énergie propres	54
4.7.	Gestion des déchets.....	55
4.8.	Sensibiliser la population	55
4.9.	Mettre en place un système de gestion de l'environnement	55
4.10.	Adopter la culture des bâtiments verts.....	56
4.11.	Agriculture durable	57
	Références bibliographiques	58

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal) 59

5.1.	Réalisation d'un mur végétal (3D) (moyens techniques et humains).....	59
5.2.	Matériau végétal du mur végétal.....	60
5.3.	Choix de la plante	61
5.4.	Différents principes et bases pour le fonctionnement d'un MV.	66
5.5.	Emplacement du mur végétal (plus d'espace)	67
5.6.	Avantages d'un mur végétal	67
5.6.1.	En terme sanitaire, d'esthétique, de volume, de couleur, de fraîcheur	67

5.6.2. En terme écologique avec production d'O ₂ et diminution du CO ₂ qui va améliorer la qualité de l'air ambiant.....	68
5.7. Réalisation d'un mur végétal	68
5.8. Coût d'un mur végétal	69
Références bibliographiques	70
Conclusion générale.....	72

Introduction générale

Introduction générale

La pollution atmosphérique est devenue l'un des problèmes environnementaux majeurs de l'époque, suite à l'industrialisation rapide du monde qui a débuté à la fin du 18e siècle en grande Bretagne, et en Europe au début du 19e siècle. Elle a été suivie par une explosion démographique qui a engendré une consommation excessive des ressources naturelles avec des impacts négatifs sur la diversité biologique.

En Algérie, la pollution atmosphérique a commencé à avoir effet suite au développement du pays dans les années soixante, notamment depuis l'apparition des impacts négatifs des activités humaines et de l'urbanisation croissante. Il est donc devenu impératif d'intervenir pour ralentir l'aggravation du problème. C'est pour cela que des mesures législatives et institutionnelles ont été adoptées dans le monde et en Algérie pour lutter contre ce problème en progression constante auquel, selon l'OMS, 99% de la population mondiale est exposée (OMS, 2022).

Face à cette problématique mondiale, le développement de nouvelles solutions efficaces et durables est devenu une priorité. Il regroupe un ensemble de méthodes et d'approches visant à réduire les émissions des polluants atmosphériques, à capturer les gaz à effet de serre, et à utiliser des filtres et systèmes avancés pour la purification de l'air.

Dans ce contexte, le présent mémoire de master se propose d'explorer une solution innovante, simple et prometteuse dans le cadre du développement durable pour lutter contre cette pollution, l'implantation d'un mur végétal. Nous supposons que ce dernier, une sorte de structure verticale, serait capable de purifier l'air des polluants et des poussières, si composé de plantes choisies spécifiquement pour leur capacité de dépollution. Il offrirait en même temps une touche de beauté et d'esthétique naturelle à l'espace où il sera implanté ; ceci pourrait avoir un effet de positivité et d'anti-stress sur les personnes présentes sur les lieux.

Pour ce faire, ce mémoire sera divisé en cinq chapitres distincts traitant de la problématique de la pollution atmosphérique, tous ses aspects et certaines solutions envisageables. Le premier, intitulé « un bilan de connaissances sur le sujet », fournira un survol de l'état de l'art sous formes d'informations scientifiques nécessaires pour comprendre la problématique étudiée.

Introduction générale

Le deuxième se concentrera sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine ; telles que les maladies respiratoires, cardiovasculaires et autres affections liées. D'autre part, il expliquera ses impacts sur les écosystèmes, la biodiversité et sur les ressources naturelles, soulignant ainsi la nécessité d'agir rapidement.

Le troisième chapitre examinera les mesures législatives et institutionnelles adoptées par l'Algérie et dans le monde, les principales lois et décrets relatifs à la protection de l'atmosphère, dans le cadre du développement durable.

Dans le quatrième chapitre, différentes techniques de traitement et de prévention de la pollution de l'air déjà existantes seront présentées et expliquées, avant d'aborder la solution de l'implantation du mur végétal dans le cinquième chapitre, qui mettra en avant tous ses aspects qualitatifs. Nous renforcerons le mémoire par des calculs quantitatifs basés sur des données récoltées après la mise en place d'un prototype de mur végétal, en fournissant des informations précieuses sur son efficacité en tant que solution pour l'amélioration de la qualité de l'air.

Chapitre I

Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.1. Définition de l'atmosphère

L'atmosphère est la couche gazeuse enveloppant la Terre, qui constitue l'environnement dans lequel la vie subsiste. Elle représente la sphère la plus dynamique et instable de notre planète, là où les échanges de matière s'effectuent, contrôlant la distribution de l'énergie et de nombreuses transformations chimiques. Elle remplit également un rôle crucial dans la protection de la vie sur Terre, en absorbant les rayonnements solaires ultraviolets, en réchauffant la surface terrestre par effet de serre et en réduisant les écarts de température entre le jour et la nuit. L'atmosphère est en contact étroit avec les océans, la biosphère terrestre et la lithosphère, et fonctionne comme un milieu de transfert de matières d'une sphère à l'autre. Et, C'est dans cette couche que se produisent les processus météorologiques (Boukroune, 2021).

L'enveloppe extérieure de l'atmosphère s'étend jusqu'à une altitude de 500 km. Toutefois, la partie la plus importante de l'atmosphère se concentre dans les couches inférieures. La partie dans laquelle se produisent les phénomènes météorologiques évolue entre 7 km d'altitude aux pôles et 15 km à l'équateur. La moitié de la masse atmosphérique est concentrée dans les 5 premiers kilomètres d'altitude et 90 % des 20 premiers kilomètres. Les couches supérieures ont donc une très faible densité (Boukroune, 2021).

1.2. Composants de l'atmosphère

Tab. 1 - Composition de l'atmosphère au niveau du sol (d'après Junge, 1963; Andrews et al., 1966; rapport IPCC 2001).

Gaz	Concentration (%) ou ppm
Azote (N ₂)	78.084%
Oxygène (O ₂)	20.946%
Argon (Ar)	0.934%
Eau (H ₂ O)	(0.4 à 400) × 10 ²
Dioxyde de Carbone (CO ₂)	370 (280)
Néon (Ne)	18.18
Hélium (He)	5.24
Méthane (CH ₄)	1.75 (0.7)
Krypton (Kr)	1.14
Hydrogène (H ₂)	0.4 à 1.0
Xénon (Xe)	0.087

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.3. Structure verticale de l'atmosphère

En fonction de la répartition verticale des températures, on distingue quatre couches dans les 500 premiers km de l'atmosphère : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère et la thermosphère (fig. 1).

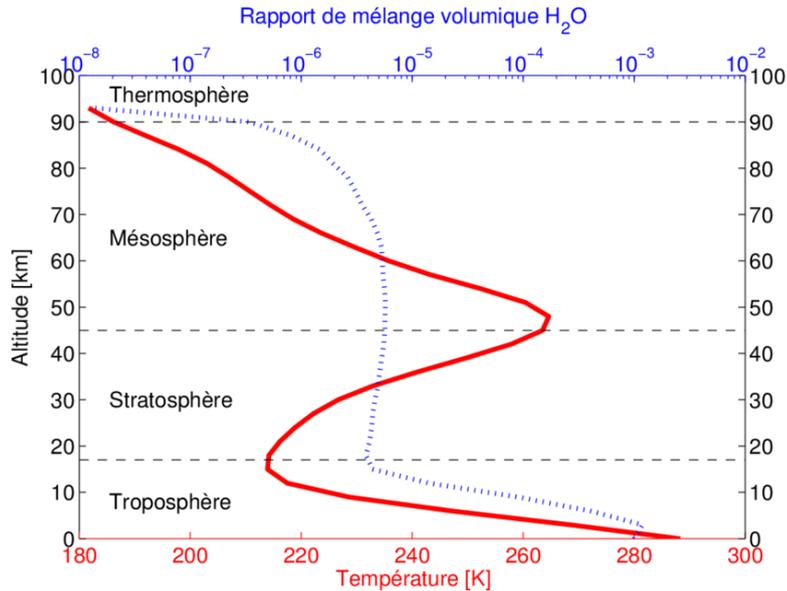


Fig. 1.1 - Graphe montrant la structure verticale de l'atmosphère - (ResearchGate, 2008)

1.3.1 Troposphère

Elle s'élève entre 10 km aux pôles et 15 km au-dessus de l'équateur. Cette couche est caractérisée par une diminution de la température en fonction de l'altitude (environ 0,6°C par 100 m en moyenne) en raison de la raréfaction de l'air et du retrait progressif du substrat (Caplain, 2005)

La troposphère est la plus dense des quatre couches de l'atmosphère, contient jusqu'à 75 % de sa masse. Elle est composée principalement d'azote (78 %) et d'oxygène (21 %), avec des concentrations très faibles d'autres gaz traces. Pratiquement toute l'eau vaporisée ou humidité atmosphérique se trouve dans la troposphère. La limite entre la troposphère et la stratosphère est la tropopause, limitée par des températures qui se stabilisent, elle recouvre cette couche, une région à température stable, puis, il y a une augmentation progressive de température dans les hautes altitudes jusqu'à ce que nous soyons en stratosphère où le climat devient plus stable empêchant les mouvements ascendants vers les hautes altitudes. (Aouragh, 2015)

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.3.2 Stratosphère

La stratosphère se situe au-dessus de la troposphère et est séparée d'elle par la tropopause. Elle s'étend sur une altitude d'environ 50 km, avec une limite inférieure plus élevée à l'équateur et plus basse aux pôles.

Elle se caractérise par une augmentation de la température avec l'altitude, atteignant près de 0°C à son sommet, en raison de l'absorption des rayons ultraviolets (UV) du Soleil par la couche d'ozone. Cette élévation de température crée des conditions atmosphériques très stables, ce qui rend la stratosphère presque totalement exempte de nuages et d'autres phénomènes météorologiques. Les vols de longue distance bénéficient de cette couche en raison de ses vents forts, réguliers et horizontaux, ainsi que de sa position au-dessus des conditions orageuses. La limite supérieure de la stratosphère s'appelle la stratopause, qui se situe en moyenne vers 50 km d'altitude, avec une température moyenne de 0 °C. (Aouragh, 2015)

1.3.3 Mésosphère

Ou *sphère moyenne*, la troisième couche la plus élevée de l'atmosphère, s'étend de 50 à 85km au-dessus de la surface terrestre. Elle se situe au-dessus de la troposphère et de la stratosphère, et en dessous de la thermosphère. La mésosphère est séparée de la stratosphère par la stratopause et de la thermosphère par la mésopause. Les températures dans la mésosphère diminuent avec l'altitude, atteignant environ -100°C. Cette couche est la plus froide de l'atmosphère, avec des températures inférieures à celles enregistrées en Antarctique. Les conditions y sont tellement froides qu'elle permet la formation de nuages de glace par la congélation de la vapeur d'eau. La diminution de la température cesse lorsqu'on est à la mésopause, où les températures sont comprises entre -120 °C et -50 °C (Aouragh, 2015).

1.3.4 Thermosphère

La thermosphère est la couche qui s'étend au-delà de 85 km environ. C'est la plus haute des couches de l'atmosphère terrestre, atteignant jusqu'à 750 km d'altitude. Elle est caractérisée par une pression presque nulle et une faible densité de molécules d'air. Les rayonnements ultraviolets solaires à courtes longueurs d'onde sont absorbés par l'oxygène moléculaire entre 100 et 150 km d'altitude (Aouragh, 2015).

La température dans la thermosphère augmente avec l'altitude et atteint son maximum au niveau appelé "thermopause", situé entre 250 et 500 km d'altitude, en fonction de l'activité solaire. Après la thermopause, la température varie entre 300°C et 1600°C, selon l'énergie reçue du Soleil. Bien que les températures soient élevées, la faible densité de

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

matière ne permet pas un transfert de chaleur efficace, ce qui rendrait la température très froide pour les humains. La thermosphère est également le lieu de formation des aurores boréales et australes près des pôles (Aouragh, 2015).

1.4. Généralités sur la pollution

1.4.1. Définition de la pollution

La pollution se définit comme la dégradation de l'environnement, par l'introduction de polluants (substances, déchets ou nuisances diverses) susceptibles de causer des dommages et d'altérer l'équilibre écologique. Ces polluants sont des sous-produits organiques et inorganiques issus des activités humaines : Leur nocivité s'est exercée suite à la production massive qui a excédé les capacités de destruction et de recyclage des organismes décomposeurs présents dans tout écosystème. (Koller, 2004)

Selon la loi *n 03-10* du **19 Juillet 2003**, la pollution est définie comme : « Toute modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité, le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels. »

La pollution peut prendre différentes formes, notamment la pollution de l'air, de l'eau et du sol, ainsi que la pollution sonore et lumineuse.

1.4.2. Types de pollution

La pollution peut prendre trois formes différentes (terrestre, marine et atmosphérique) ayant chacune différentes sources et différents impacts sanitaires.

La pollution des sols se réfère à la présence de substances toxiques dans les sols, indépendamment de leur type, et est souvent attribuée à l'activité humaine. Les causes de cette concentration anormale peuvent inclure l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture, le passage d'engins lourds, les déversements accidentels d'industries ou l'urbanisation croissante. Ces polluants peuvent ensuite se propager dans l'environnement par l'eau, l'air ou les organismes vivants du sol, tels que les bactéries, les plantes et les champignons, provoquant des perturbations dans les écosystèmes et des risques pour la santé publique. Malheureusement, le *XXe* siècle a vu une nette dégradation des sols à travers le monde, où **95%** des sols pourraient être dégradés ; Ceci rend difficile la mise en place des mesures adaptées pour y remédier. (Conservation nature, 2021)

La pollution marine est marquée par la présence de micro-organismes, de déchets industriels, de produits chimiques, et d'autres substances potentiellement dangereuses dans

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

les ressources hydriques. Cette pollution peut affecter différentes sources : les cours d'eau, les nappes d'eau souterraines, les eaux saumâtres, ainsi que des sources plus rares telles que l'eau de pluie, la rosée, la neige et la glace polaire. Cette dernière peut être la conséquence des activités naturelles, mais aussi anthropiques de différents secteurs ; Pollution industrielle, Agricole, Domestique ou même Accidentelle (déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel) (Macé, 2019)

1.5. Pollution atmosphérique

1.5.1. Historique de la pollution atmosphérique

Les premières manifestations de pollution ont été observées à l'époque de la sédentarisation des populations, il y a environ 11 000 ans (Futura, 2010). Ce processus a entraîné l'abandon du nomadisme et la concentration de grandes quantités de déchets sur des sites fixes.

L'accroissement démographique résultant a exacerbé le phénomène de pollution. La formation des déchets est le résultat de la production de matières organiques, telles que les restes alimentaires et les déchets corporels abandonnés sur les lieux de vie. Cette accumulation a conduit à la contamination du sol et de l'eau, entraînant ainsi une augmentation de la mortalité et de la morbidité chez les populations (Futura, 2010).

Ainsi, la pollution de l'air a été identifiée comme une menace pour la santé humaine dès l'époque d'Hippocrate, il y a environ 400 ans avant J.-C. Des écrits sur ce sujet ont été produits dans différents pays tout au long des deux millénaires suivants. À partir du XVIII^e siècle, des mesures ont été prises pour mesurer l'ampleur croissante de la mauvaise qualité de l'air dans les centres urbains et à proximité des industries, ainsi que pour caractériser les gaz et les matières particulaires en cause. La révolution industrielle a accéléré la croissance des émissions de polluants primaires et leur propagation géographique. (Fowler et al., 2020)

En Algérie, le problème de la pollution a été créé depuis le début de l'industrialisation dans les années 1960, et est combiné avec l'explosion démographique et l'urbanisation où la gravité du problème s'est intensifiée de plus en plus, atteignant des niveaux alarmants. Les industries polluantes telles que les raffineries de pétrole, les usines de ciment et les industries chimiques ont commencé à se développer dans le pays, provoquant des émissions de gaz toxiques et des rejets de déchets inorganiques, en plus du problème des immenses quantités de déchets ménagers et des décharges à ciel ouvert, où est faite la combustion des déchets (l'émission des fumées de combustion n'est pas filtrée) (Lewis, 1954 ; Rostow, 1963).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.5.2. Définition de la pollution atmosphérique

Le terme pollution atmosphérique désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques libérés par l'homme dans l'atmosphère, mais aussi les substances malodorantes qui, sans être vraiment dangereuses dans l'immédiat pour les organismes vivants, exercent tout de même une action perturbatrice sur l'environnement.

La loi n°03-10 du 19.07.2003 définit la pollution atmosphérique comme « l'introduction de toute substance dans l'air (ou l'atmosphère) provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptible de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie ».

Cette pollution est en majeure partie, la résultante de multiples facteurs caractérisant la civilisation contemporaine (Ramade, 2023) tels que : croissance de la consommation d'énergie, développement et concentration des industries extractives, métallurgique et chimique, de la circulation routière et aérienne, de l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels (fig. 2). Toutefois, des processus naturels tels que les éruptions volcaniques et les incendies de forêt peuvent également polluer l'air, mais leur occurrence est rare et ils ont généralement un effet local, contrairement aux activités humaines qui sont des causes omniprésentes de la pollution de l'air et contribuent chaque jour à cette dernière (Ramade, 2023).

La pollution atmosphérique est considérée comme étant responsable d'environ sept millions de décès prématurés chaque année dans le monde, principalement dus à des maladies cardiovasculaires et respiratoires. Cela en fait l'un des principaux risques environnementaux pour la santé (OMS, 2019)

La pollution atmosphérique est susceptible d'engendrer trois types d'effets sur le bien-être :

- ✓ des effets non sanitaires directs (dégradation des perceptions sensorielles) ;
- ✓ des effets indirects (altération de la flore, de la faune, des cultures ou des bâtiments) ; et

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

- ✓ des effets sanitaires directs : mortalité et morbidité (hospitalisations et maladies) (Chanel et al., 2004).

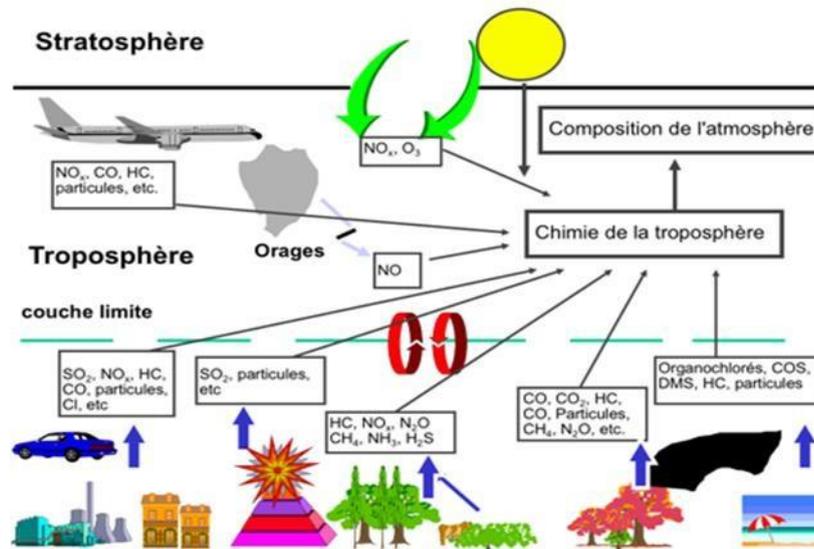


Fig. 1.1 - Illustration qualitative des principales sources de composés d'origine anthropique ou naturelle et de leurs interactions dans la troposphère – Dictionnaire Environnement

1.5.3. Types de pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique peut être divisée en 3 types ; locale, régionale et globale ou planétaire :

1.5.3.1 **Pollution locale** (ou de proximité), est caractérisée par une pollution retrouvée en proximité des sources d'émissions, essentiellement en milieu urbain ; elle est due aux activités humaines telles que les activités industrielles, le transport routier, les émissions liées aux habitations.

1.5.3.2 **Pollution régionale**, se produit dans des zones distantes de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres des sources de pollution.

1.5.3.3 **Pollution globale/planétaire**, est définie par une pollution qui aurait comme conséquence le dérèglement de l'écosystème terrestre et contribuerait aux changements climatiques, principalement provoqués par l'augmentation accrue des concentrations de gaz à effets de serre (**GES**) dans l'atmosphère (Mekki, 2017).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.6. Polluants atmosphériques

1.6.1. Définition d'un polluant atmosphérique

Toute substance étrangère dont la variation du taux dans l'atmosphère est susceptible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, de provoquer un effet nocif ou de créer une nuisance ou une gêne (Flanquart et Anicia, 2000).

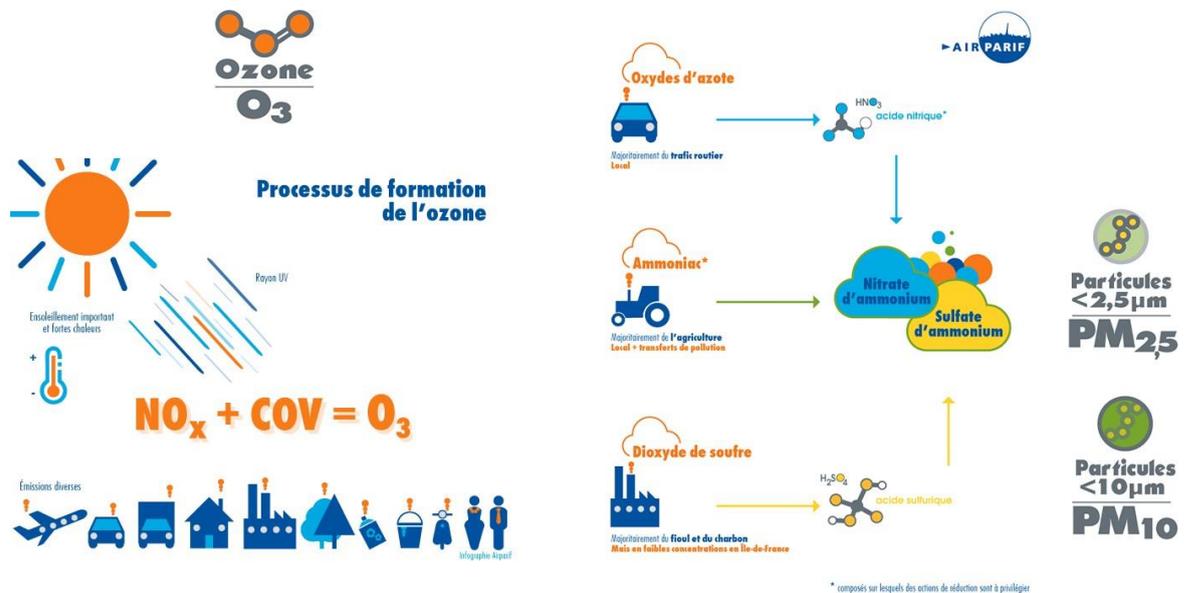


Fig. 1.3 - Polluants atmosphériques – Airparif

Un grand nombre de contaminants peuvent polluer l'air sous une grande variété de formes. Les composés chimiques peuvent se trouver dans l'air sous deux formes principales : gazeuse et solide.

La norme **ISO 14001 (v2015)** définit les polluants atmosphériques comme « des substances qui sont rejetées intentionnellement (ou non) dans l'air, de différentes sources (installations industrielles, véhicules, navires, aéronefs et activités agricoles) ayant un impact négatif sur la santé humaine, les écosystèmes et les produits physiques ».

De cette définition, on peut dire que cette norme internationale encourage les organisations à identifier et à évaluer les impacts environnementaux potentiels de leurs activités, y compris les émissions dans l'air, et à prendre des mesures pour prévenir ou réduire ces impacts dans la mesure du possible. La détermination des polluants atmosphériques, pour une organisation particulière, dépend du type d'industrie, de sa situation géographique et des types de polluants les plus couramment rencontrés dans son environnement.

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.6.2. Types de polluants atmosphériques

On peut diviser les polluants atmosphériques selon leur source et leur existence dans l'état naturel ou non en Polluants primaires ou secondaires. Cette classification sert à mieux comprendre comment ces polluants sont formés et transportés à travers l'environnement et dans l'atmosphère, leurs rôles dans l'écosystème ainsi que leurs impact négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement.

Ainsi, les scientifiques peuvent faire la différence entre les deux classes de polluants, décider ensuite des différents aspects réglementaires nécessaires pour le contrôle et la réduction des émissions des polluants primaires et prévenir la formation des polluants secondaires, ceci dans le cadre de la protection de la vie humaine, de la qualité de l'air et du développement durable.

1.6.2.1. Polluants primaires

Ce sont des substances émises directement dans l'air par une source spécifique, telles que les émissions des véhicules, les rejets industriels et les émissions de combustion de combustibles fossiles. Ces polluants peuvent être **gazeux**, tels que les oxydes d'azote (**NO_x**), le dioxyde de soufre (**SO₂**) et le monoxyde de carbone (**CO**), ou des **particules solides** ou **liquides**, tels que les particules fines (**PM_{2,5}**) et les particules en suspension (**PM₁₀**).

1.6.2.1.1 Oxydes d'azote NO_x

Il existe plusieurs types d'oxydes d'azote, y compris le monoxyde d'azote (**NO**), le dioxyde d'azote (**NO₂**) et le protoxyde d'azote (**N₂O**). Le **NO₂** est considéré comme le plus nocif pour la santé humaine car il est un irritant puissant pour les voies respiratoires et peut causer ou aggraver les maladies pulmonaires telles que l'asthme.

Selon la norme européenne (UE) 2016/1628, les oxydes d'azote sont définis comme « la somme de la concentration d'oxyde nitrique (**NO**) et de dioxyde d'azote (**NO₂**) dans l'air », cette définition est couramment utilisée pour évaluer la qualité de l'air dans les zones urbaines et industrielles et pour réglementer les émissions de NO_x dans l'environnement.

1.6.2.1.2 Monoxyde de Carbone (CO)

Le **CO**, gaz incolore, inodore et toxique, est formé lors de la combustion incomplète de carburants fossiles tels que l'essence, le diesel et le gaz naturel. Le **CO** se lie à l'hémoglobine dans le sang et réduit la quantité d'oxygène que le corps peut transporter,

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

ceci peut causer des symptômes tels que des maux de tête, des vertiges, des nausées et des troubles de la vision (Dictionnaire environnement, 2020). À des concentrations élevées, le monoxyde de carbone peut être mortel. C'est également un contributeur important au changement climatique car il réagit avec les gaz dans l'atmosphère pour former du dioxyde de carbone, qui est un gaz à effet de serre.

1.6.2.1.3 Dioxyde de Carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone (appelé aussi gaz carbonique ou anhydride carbonique), est un gaz incolore, inerte et non toxique. La norme **ISO 14687-1 (v. 2019)**, le définit comme « un composé chimique constitué de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone ». Cette définition est utilisée dans les normes de qualité de l'air pour mesurer la concentration de **CO₂** dans l'air ambiant. C'est aussi un GES qui contribue au réchauffement climatique et à l'acidification des océans. Bien que le **CO₂** ne soit pas directement toxique pour les humains, son accumulation dans l'atmosphère peut avoir des effets néfastes sur la santé, tels que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses, des événements météorologiques extrêmes et une augmentation de la propagation des maladies infectieuses (Macé, 2019).

Ce gaz est produit naturellement par les êtres vivants et les processus de combustion. Cependant, les activités humaines, telles que la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et la déforestation, ont entraîné une augmentation significative de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Selon les données de la Banque mondiale (BM), les émissions de CO₂ en Algérie ont augmenté de 2.47 en 1990 à 4.01 tonnes métriques par habitant en 2019. L'Afrique du nord a enregistré une quantité de 366.2 millions de tonnes métriques en 2018 (BM, 2018). Les particules de carbone (appelées suies), sont des particules fines produites principalement par la combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse qui peuvent pénétrer profondément dans les poumons et causer des maladies respiratoires telles que l'asthme, la bronchite chronique et le cancer du poumon. En 2018, l'OMS a mentionné que la pollution de l'air extérieur, y compris les particules de carbone, est responsable de 4.2 millions de décès prématurés chaque année.

1.6.2.1.4 Composants Organiques Volatiles (COV)

Les **COV**, composés organiques de forte pression de vapeur, peuvent facilement s'évaporer dans l'air à température ambiante, réagir avec d'autres polluants dans l'atmosphère pour former de l'ozone troposphérique (nocif pour la santé) et contribuer à la

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

formation de smog et d'autres types de pollution de l'air. Leurs effets sur la santé dépendent du type et de la concentration des composés présents dans l'air ; certains sont cancérigènes ou neurotoxiques, tandis que d'autres peuvent causer des problèmes respiratoires et des irritations des yeux et des voies respiratoires (Airparif, 2007).

1.6.2.1.5 Composés Soufrés (SO_x)

Ce sont des gaz composés principalement de dioxyde de soufre (SO₂) et de trioxyde de soufre (SO₃), produits par combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls...) et certains procédés industriels qui produisent du SO₂. Ces substances ont des effets directs sur les voies respiratoires, en causant des irritations et des gênes, et participent à la formation du Smog sulfureux ainsi qu'à la formation des pluies acides (Caplain, 2005).

1.6.2.1.6 Ammoniac (NH₃)

Principalement émis par le secteur de l'agriculture et par la décomposition des déchets, l'ammoniac est aussi utilisé pour la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères. C'est un gaz incolore et odorant, dont la nocivité pour la santé humaine et pour l'environnement, varie de grave à très grave, selon la concentration et l'exposition (Landmann et al., 2002).

1.6.2.2. Polluants secondaires

En 2022, l'Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis (EPA), définit les polluants secondaires comme « des polluants atmosphériques formés dans l'air à partir de réactions chimiques entre des polluants primaires, les composés atmosphériques naturels et/ou autres substances présentes dans l'air » ; et les polluants primaires comme « des polluants émis directement dans l'air à partir de sources spécifiques, telles que les usines, les voitures, les camions, les bus et les feux de forêt ». Les principaux polluants secondaires connus sont cités ci-dessous :

1.5.1.2.1 Ozone Troposphérique (O₃)

L'Ozone (O₃) est « un gaz incolore instable qui se forme naturellement dans la stratosphère par dissociation de molécules d'oxygène sous l'effet du rayonnement solaire. À des concentrations plus élevées » (*ISO 4225:2017 "Air quality - General aspects - Vocabulary"*), il est produit dans la troposphère par réaction photochimique entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils en présence de rayonnement solaire (**Fig. 4**). L'ozone est un polluant atmosphérique secondaire qui peut causer des problèmes de santé respiratoire et endommager les plantes et les matériaux de construction. »

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

Remarque : Historiquement, avant que les réglementations sur la qualité de l'air ne soient mises en œuvre pour contrôler les NO_x et les COV, les concentrations d'ozone étaient suffisamment élevées pour exercer des effets aigus tels que l'irritation des yeux et du nez, les urgences en matière de maladies respiratoires et l'altération de la fonction pulmonaire (Zhang, 2019).

L'ozone troposphérique est un polluant majeur dans les zones urbaines et industrielles, ainsi que dans les zones rurales à proximité des sources de pollution, et il est considéré comme un polluant car il peut causer des effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement (Magdelaine, 2021). Il peut causer des problèmes respiratoires, tels que des irritations de la gorge, de la toux et des difficultés à respirer. Il peut également aggraver les symptômes d'asthme et augmenter les risques de maladies pulmonaires (Magdelaine, 2021).

Formation of Ground-Level Ozone

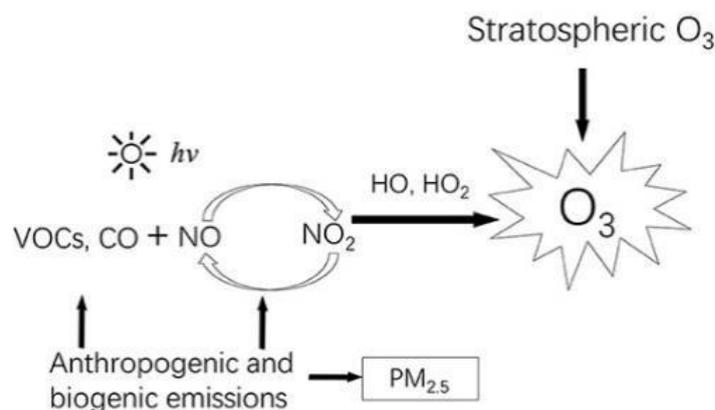


Fig. 1.4 - Formation de l'ozone troposphérique (Libbey, 2022)

1.5.1.2.2 Dioxyde d'azote (NO₂)

C'est un gaz brun-jaune à l'odeur piquante qui se forme principalement lors de la combustion de combustibles fossiles à haute température, tels que les centrales thermiques et les véhicules automobiles. C'est un polluant atmosphérique primaire qui peut causer des problèmes de santé respiratoire et contribuer à la formation d'ozone troposphérique et de particules fines." ISO 4225 (v. 2017)

1.5.1.2.3 Nitrates d'ammonium

Le nitrate est un produit du cycle de l'azote, qui représente la forme d'azote la plus oxydée. Dans l'air, le nitrate d'ammonium fait partie de la composition particulaire, qui

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

résulte des émissions d'oxyde d'azote du trafic routier et des émissions d'ammoniac provenant de la fertilisation dans les activités agricoles. (Protectmyface, 2020)

1.5.1.2.4 Sulfates

Les sulfates sont des particules fines présentes dans l'air et produites principalement par la combustion de combustibles fossiles, notamment le charbon et le pétrole. Ces particules peuvent voyager sur de longues distances avant de se déposer au sol ou dans l'eau. Dans l'environnement, les sulfates peuvent causer l'acidification des sols et des eaux, ainsi que la dégradation des écosystèmes aquatiques et terrestres ; ils peuvent également contribuer à la formation de smog, qui est nuisible pour les cultures et les forêts. Enfin, les sulfates peuvent altérer la visibilité en formant des nuages de brume (Magdelaine, 2021).

1.5.1.2.5 SMOG photochimique (Brouillard d'été)

Vu pour la première fois comme une forme dangereuse de pollution atmosphérique à Londres, en 1952, où s'est formé un épais nuage de couleur jaunâtre englobant la ville, et faisant quatre-mille décès, dont la moitié était de causes respiratoires (Seck, 2021). C'est un type de pollution atmosphérique qui se produit lorsque les émissions de gaz d'échappement, les fumées industrielles et les produits chimiques réagissent avec l'air en présence de la lumière du soleil ; il se caractérise par un brouillard jaunâtre ou brunâtre qui peut réduire considérablement la visibilité, ainsi que par une odeur âcre et irritante. Il se forme principalement dans les zones urbaines densément peuplées où il y a une forte concentration de sources de pollution. Les principaux composants du smog sont les oxydes d'azote, les composés organiques volatils (COV), les particules fines et l'ozone.

1.6.3. Aspect réglementaire du contrôle des rejets dans l'air

La valeur limite est un niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques (JORADP, 2006). Les valeurs limites d'émission peuvent être basées sur divers critères, tels que la santé publique, l'environnement, la sécurité, ou encore la faisabilité technologique et économique. Les polluants concernés peuvent inclure des substances telles que les gaz à effet de serre, les oxydes d'azote, les particules, les métaux lourds, les composés organiques volatils, etc.

Les normes ou références approuvées varient selon les pays et les régions par exemple, en Europe, les valeurs limites d'émission sont souvent fixées par la directive européenne relative à la qualité de l'air ambiant, tandis qu'aux États-Unis, elles peuvent être réglementées par l'Environmental Protection Agency (EPA). Dans le domaine industriel, les normes techniques (normes ISO) peuvent également être utilisées pour fixer les valeurs

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

limites d'émission. Le 22 septembre 2021, l'OMS a mis à jour ses recommandations sur les seuils de concentration des polluants de l'air à respecter pour préserver la santé des populations.

Établies sur la base des dernières données scientifiques disponibles relatives aux effets des polluants atmosphériques sur la santé, elles fixent des valeurs seuils pour les principaux polluants atmosphériques (dioxyde d'azote [NO₂], particules [PM₁₀, PM_{2.5}], l'ozone [O₃], dioxyde de soufre [SO₂] et monoxyde de carbone [CO]). Il est recommandé de ne pas dépasser pour limiter l'exposition des populations au niveau mondial et protéger leur santé. Elles établissent également des cibles intermédiaires pour permettre une transition graduelle vers ces valeurs seuils (Libbey, 2022)

Tab. 2 - Valeurs limites et seuils réglementaires européens (OMS, 2021).

Indicateur	Directive Européenne de la qualité de l'air (2008/50/CE)	Ligne directrice de l'OMS 2005	Ligne directrice de l'OMS 2021
PM _{2.5} (Moyenne annuelle)	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³
PM ₁₀ (Moyenne annuelle)	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
NO ₂ (Moyenne annuelle)	40 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³
Ozone (Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8H)	120 µg/m ³	100 µg/m ³	100 µg/m ³
	(max : 25 jours/an)	(max : 3 jours/an)	(max : 3-4jours/an)

En ce qui concerne le reste des polluants (primaires ou secondaires), soit ils ne sont pas encore réglementés, ou qu'ils n'ont pas vraiment de valeur limite d'émission.

1.7. Sources de la pollution atmosphérique

Les sources de polluants atmosphériques peuvent varier selon l'emplacement géographique, les conditions météorologiques et les activités humaines spécifiques. Par conséquent, il est essentiel de comprendre les sources de pollution spécifiques à une région

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

donnée et de prendre des mesures pour les contrôler et les réduire. En 2019, l'OMS a classé ces sources comme :

1.7.1 Emissions des véhicules

Le transport routier (**fig. 5**), émetteur principal des d'oxydes d'azote, du cuivre, du zinc et du carbone de suie, englobe les voitures, les camions, les motos, etc., qui émettent des gaz d'échappement contenant les polluants tels que le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les particules (L'empreinte *carbone du transport routier en Algérie : analyse des déterminants par le modèle ARDL*).

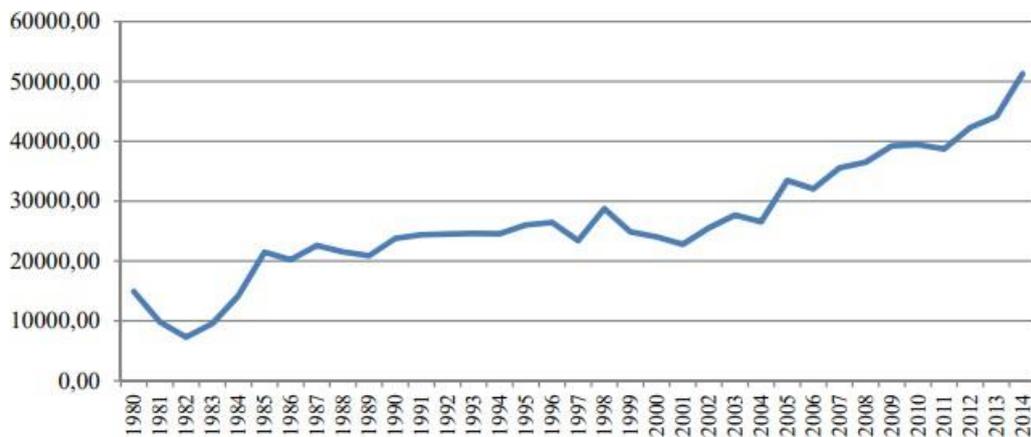


Fig. 1.5 - Emissions de CO₂ réservé au transport (% de la combustion totale de carburants) – Algeria (Banque Mondiale)

1.7.2 Emissions industrielles

L'industrie, responsable de 20% de la pollution de l'air, émet des quantités importantes de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄) ainsi que des polluants atmosphériques tels que les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et les particules fines quelles que soit une usine, une centrale électrique ou des installations industrielles (DD, 2021).

1.7.3 Emissions agricoles

Les activités agricoles, telles que l'élevage et la culture intensive ainsi que la sylviculture représentent 17% des émissions de polluants atmosphériques englobant le méthane, l'ammoniac et les particules (DD, 2021).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.7.4 Feux de forêts

Les feux de forêt peuvent émettre une quantité importante du méthane, du dioxyde de carbone et également de l'oxyde d'azote ; gaz à effet de serre qui participe activement au changement climatique. Les feux de forêts libèrent de nombreux gaz toxiques pour l'être humain, accompagnés de composés organiques volatiles et d'aérosols parmi lesquels, les suies et des goudrons sont dégagés par les incendies. Il s'agit de particules ultrafines qui peuvent pénétrer dans les poumons. On cite de plus de ces composants, une grande quantité d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) libérant des molécules génotoxiques qui pourraient endommager l'ADN des humains (Lacroux, 2021).

1.7.5 Emissions domestiques

Les émissions domestiques comprennent les produits de consommation courante tels que les produits chimiques ménagers, les peintures, les solvants et les parfums pouvant également émettre des COV dans l'atmosphère. Les appareils d'ancienne génération utilisés quotidiennement sont les principales sources de polluants, originaires de très fortes émissions par rapport aux appareils modernes. (Collet, 2009).

1.7.6 Emissions naturelles

Les émissions naturelles tels que les volcans, les tempêtes (ou vents) de sable et les éruptions solaires font références aux émissions de gaz à effet de serre libérés dans l'atmosphère sans intervention humaine directe. Par ailleurs, les émissions de CO₂ des volcans sont inférieures à celles de l'Homme ([FUTURA](#), 2018). Globalement, les émissions peuvent inclure les gaz à effet de serre, les particules fines, les produits chimiques et autres substances qui peuvent affecter l'environnement et toucher à la santé humaine.

1.7.7 Émissions dues au traitement de déchets

Le traitement de déchet peut libérer différentes émissions pouvant avoir des impacts environnementaux et sanitaires importants ; il comprend la méthanisation qui est un processus biologique, consistant à dégrader la matière organique (déchets alimentaires, boues d'épuration, résidus agricoles, ...etc.). Il se réfère à la décomposition de matières putrescibles par des bactéries qui agissent en présence d'oxygène limité, générant une énergie renouvelable (le biogaz), englobant principalement du méthane entre 50% et 70%, et du dioxyde de carbone ainsi qu'un résidu solide appelé digestat, et utilisé comme un

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

fertilisant. Cette émission renforce l'effet de serre responsable du réchauffement climatique ([CDE](#), 2015).

Remarque : Il est important de noter que les sources anthropiques et/ou naturelles de polluants peuvent avoir des effets à la fois locaux et globaux sur la qualité de l'air et le changement climatique.

1.8. Facteurs influenceurs de la pollution atmosphérique

Les activités météorologiques, urbaines ou anthropiques et les conditions physicochimiques (vent, humidité, température ...) sont des sources courantes de pollution atmosphérique. Les polluants les plus préoccupants pour la santé publique comprennent les particules en suspension, le monoxyde de carbone, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. La pollution de l'air extérieur et intérieur provoque des maladies respiratoires connues comme une cause importante de morbidité et de mortalité ([OMS](#), 2019).

1.8.1. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent influencer la pollution atmosphérique en favorisant la formation de polluants atmosphériques tels que l'ozone et les particules fines ; elles comprennent :

1.8.1.1 Température

Une température élevée peut favoriser la pollution et l'aider à se décomposer en accélérant les réactions chimiques et en augmentant la concentration des polluants dans l'air (Timbert, 2023).

1.8.1.2 Humidité

Stagne les polluants à un niveau plus bas de l'atmosphère, favorise l'augmentation de la concentration à la surface et peut contribuer ainsi à la formation du smog. Mais a aussi un impact positif en éliminant les brouillards d'acide où l'on retrouve de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique ([Meersens](#), 2022).

1.8.1.3 Vent

Agit comme un facteur de dispersion et de dilution des émissions polluantes. Tout d'abord, il sert à transporter les polluants d'une zone à une autre entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'air. En outre, il sert à diluer les polluants atmosphériques en les mélangeant avec de l'air propre ([Meersens](#), 2022).

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

1.8.2. Activités humaines

Les activités humaines telles que l'industrie, le transport, l'agriculture, la production d'énergie et la construction et les activités urbaines peuvent émettre de grandes quantités de polluants atmosphériques tels que les gaz à effet de serre, les oxydes d'azote, les particules fines et le dioxyde de soufre. Le tableau 2 représente les différentes sources des polluants atmosphériques et les conditions qui peuvent l'influencer. (Gouvfr, 2023).

Tab. 3 - Différents polluants atmosphériques (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Polluants	Source	Conditions
Matière particulaire	Circulation Feux de forêt Fumées de bois infiltrant à l'intérieur	Eté et Hiver
Particules ultrafine (<0,1µm de diamètre)	Circulation de véhicules au diesel	A proximité des routes achalandées
Ozone	Secondaire à une réaction aérochimique aux oxydes d'azote et aux COVs	Après-midi d'été ; chaleur et ensoleillement
Dioxyde d'azote	Circulation	A proximité des routes achalandées
Monoxyde de carbone	Circulation	A proximité des routes achalandées
Dioxyde de soufre	Usines industrielles Combustion et raffinage du charbon, du pétrole et des minerais métalliques Essence	A proximité des routes industrielles

1.8.3. Politique environnementale

Les politiques environnementales et les règlements gouvernementaux jouent un rôle important dans la réduction de la pollution atmosphérique. Cependant, le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) représente l'exemple idéal qui attribue à fixer la stratégie de l'état pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national en respectant les exigences européennes. Le PREPA est composé :

- ✓ du décret n°2017-949 du 10.05.2017 qui fixe les objectifs de réduction à horizon 2020, 2025 et 2030 ;

Chapitre 1 : Bilan de connaissances sur l'atmosphère et sur la pollution atmosphérique

- ✓ de l'arrêté qui détermine les actions de réduction des émissions à renforcer et à mettre en œuvre (Gouvfr, 2023)

Ils prennent ainsi des mesures telles que les normes d'émission, les taxes sur la pollution et les incitations pour des pratiques plus durables, aidant à réduire les émissions de ces polluants.

1.9. Surveillance de la qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air est un processus important pour évaluer la quantité et le type de polluants présents dans l'air ambiant suivi de leurs impacts sur la santé humaine et l'environnement. Cette surveillance peut se réaliser sur le terrain par des stations de mesure afin de mesurer la concentration de divers polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les particules fines, l'ozone et le monoxyde de carbone. (OMS, 2021). Les données recueillies sont utilisées pour fixer des normes de qualité de l'air et définissent en revanche les seuils pour les niveaux de pollution. Ces normes peuvent être utilisées pour établir des politiques environnementales et des réglementations pour réduire la pollution de l'air (DD, 2021).

Références bibliographiques et webographie

AIRPARIF, 2007 : Les composés organiques volatils (COV) *Etat des lieux : définition, sources d'émissions, exposition, effets sur la santé* Décembre 2007 ; Etude réalisée à l'ORS d'Ile-de-France par Dorothée GRANGE, chargée d'études, Sabine HOST, chargée d'études, sous la direction d'Isabelle GREMY.

AOURAGH, L (2015) : Etude de la Qualité de l'Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier. Thèse de doctorat en HSI - Institut d'hygiène et de sécurité industrielle, Université de Batna 2. 128p.

BOULKROUNE, N (2021) : Cours Polycopié de 1ère Année Cycle Commun L1 : Sciences de la Nature et de la Vie Matière Géologie – Université de Mostaganem. p15-32.

CAPLAIN, I (2005) : Mesure des émissions polluantes automobiles – application à la modélisation eulérienne 3D de la formation des oxydants photochimiques dans la troposphère. Thèse de doctorat. Université de Lille. 201p.

CDE, 2015 : Méthanisation, connaissancedesenergies.org

CHANEL, O., FAUGERE, E., GENIAUX, G., KAST, R., LUCHINI, S., SCAPECCHI, P (2004) : Valorisation économique des effets de la pollution atmosphérique dans Revue économique 2004/1. Vol. 55, 65 – 92 : pp.

COLLET, S (2009) : Les émissions de polluants par les foyers domestiques, Mars 2009.

CONSERVATION NATURE, 2021 : Pollution des sols : définition, causes et conséquences. <https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-pollution-des-sols/>

DD, 2021 : Les rejets de polluants dans l'air : données détaillées du bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2020, developpement-durable.gouv.fr le 13 Oct. 2021

DICTIONNAIRE ENVIRONNEMENT, 2020 : article disponible sur actu-environnement : https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/monoxyde_de_carbone_co.php4

FOWLER, D., PYLE, J., SUTTON, M., WILLIAMS, M (2020) : A chronology of global air quality, 28 September 2020 <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0314>, PubMed:32981430.

FUTURA, 2010 : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-depuis-homme-pollue-t-il-environnement-968/>

FUTURA, 2018 : Les volcans émettent-ils plus de CO₂ que l'Homme ? Par la rédaction de Futura. Le 13 Novembre 2018

GOUVFR, 2023 : Ministère de la transition énergétique « Pollution de l'air : origines, situation et impacts » publié le 22 février 2023 sur Ecologie.gouv.fr

KOLLER, E (2004) : Traitement des pollutions industrielles 2^e édition, ISBN : 2-10-007006-1

LACROUX, M (2021) : Réchauffement climatique : « Les 150 000 feux en cours dans le monde ont des impacts sur l'atmosphère » publié le 4 août 2021 à 17h57 sur Liberation.fr

LANDMAN, N., PORTEJOIE S., LANDMANN, G., MARTINEZ, J (2002) : L'ammoniac d'origine agricole : impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel, Juin 2002 p.151 à p.160 - Productions Animales -Paris- Institut National de la Recherche Agronomique-15(3) : DOI:10.20870/productions-animales.2002.15.3.3697

LEWIS, A(1954): Economic Development with Unlimited Supplies of Labour, Manchester School of Economic and Social Studies, vol. 23, pp. 139-191. DOI : 10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x ;

Références bibliographiques et webographie

LIBBEY, J (2022) : Impact des nouvelles lignes directrices OMS pour la qualité de l'air, Synthèse publiée le 17 mai 2022 sur www.jle.com/.

MACÉ, M (2019) : <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/pollution-ressource-eau-comment-reduire/> Directrice générale du Centre d'information sur l'eau.

MAGDELAINE, C (2021) : Pollution de l'air ou pollution atmosphérique : définition. Notre-planete.info

MEERSENS, (2022) : L'impact de la météo sur la qualité de l'air, publié le Mars 2022 sur Meersens.com

MEKKI, M (2017) : Caractérisation physico-chimique et évaluation toxicologique de fumées particulaires produites lors de tirs de petit calibre et de fumigènes : étude comparative. » Sciences agricoles. Thèse de doctorat. Université Normandie. 222p. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-01794023>)

OMS, 2019 : Organisation Mondiale de la Santé, Juillet 2019.sur Who.int

Protectmyface, 2020 : <https://protectmyface.fr/la-pollution-par-le-nitrate-quels-effets>.

RAMADE, F (2023) : POLLUTION. Thèse de doctorat Université de Paris-Sud-Orsay. Page 5 sur 6. Articles : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/pollution/5-la-pollution-atmospherique/>

RESEARCHGATE, 2008 : https://www.researchgate.net/figure/Structure-verticale-de-latmosphere-Profils-verticaux-de-temperature-trait-touge_fig1_281357163

ROSTOW, W.W (1963) : Les étapes de la croissance économique, Ed. Seuil, Paris, 252p.

SECK, M (2021) : Analyse des effets liés à la pollution atmosphérique au Sénégal, le cas de Dakar. Maitrise en environnement. Université de Sherbrooke. 67p.

TIMBERT, A (2023) : Météo et pollution de l'air, quelles interactions ? publié le 2 Avril 2023.

ZHANG, (2019): ZHANG, J., WEI, Y., FANG, Z (2019) : Ozone Pollution : A Major Health Hazard Worldwide. *Front. Immunol.* 10 :2518. doi: 10.3389/fimmu.2019.02518

Chapitre II

Impact de la pollution de l'air

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

2.1 Impacts Sanitaires

Les polluants atmosphériques peuvent avoir de nombreux effets négatifs sur la santé humaine, notamment :

2.1.1 Problèmes respiratoires

Les polluants atmosphériques tels que les particules fines, le dioxyde d'azote et l'ozone peuvent causer des problèmes respiratoires tels que l'asthme, la bronchite et la pneumonie.

Les particules fines sont des particules de petite taille qui peuvent pénétrer profondément dans les poumons et causer une inflammation des voies respiratoires.

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui peut causer une inflammation des voies respiratoires et aggraver l'asthme.

L'ozone est un gaz qui se forme lorsque les émissions de polluants réagissent avec la lumière du soleil et qui peut causer une irritation des voies respiratoires, une toux et un essoufflement.

Les personnes atteintes de maladies pulmonaires chroniques ou de systèmes immunitaires affaiblis sont particulièrement vulnérables aux effets des polluants atmosphériques sur la santé respiratoire. Les enfants, les personnes âgées et les travailleurs exposés à des niveaux élevés de pollution atmosphérique peuvent également être à risque accru de développer des problèmes respiratoires (APQ, 2016).

2.1.2 Maladies cardiovasculaires

L'OMS a établi des liens entre la pollution atmosphérique et les maladies cardiovasculaires, y compris :

2.1.2.1 Maladie coronarienne

La pollution de l'air peut entraîner une accumulation de plaques dans les artères. En raison du rétrécissement, le muscle cardiaque ne reçoit pas suffisamment d'oxygène. Si le cœur manque d'oxygène, une douleur thoracique (une angine de poitrine) se déclenche. Une partie de la plaque peut se rompre, ce qui entraînera la formation d'un caillot au niveau de l'artère endommagée, coupant ainsi la montée d'oxygène au cœur et conduisant à une crise cardiaque (MediRessource Inc, 2023).

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

2.1.2.2 Accident vasculaire cérébral (AVC)

Les personnes exposées à de fortes concentrations de particules fines sont plus susceptibles d'être victimes d'un AVC ou d'une crise cardiaque (causée par une formation aiguë de caillots). C'est la conclusion d'une étude approfondie menée par la KU Leuven, l'Université d'Anvers, l'Université de Hasselt, Sciensano, et l'Agence Inter mutualiste en (mercredi 24 février 2021) Il a été démontré que les effets peuvent commencer à se manifester le lendemain de l'augmentation de la pollution atmosphérique ou jusqu'à deux jours plus tard. Des particules fines peuvent pénétrer dans le cerveau et provoquer une inflammation, qui peut à son tour endommager les vaisseaux sanguins (Solheid, 2021).

2.1.2.3 Hypertension artérielle

La pollution de l'air peut entraîner une hypertension artérielle, qui est un facteur de risque important pour les maladies cardiovasculaires. L'exposition chronique à la pollution de l'air peut également aggraver l'hypertension artérielle chez les personnes qui en souffrent déjà (Megdiche et al, 2016).

2.1.2.4 Insuffisance cardiaque

La pollution atmosphérique peut entraîner une insuffisance cardiaque, qui survient lorsque le cœur ne peut plus pomper suffisamment de sang pour répondre aux besoins du corps (THE BEAT, 2017).

Les particules fines peuvent pénétrer dans les poumons et dans la circulation sanguine, où elles peuvent endommager les vaisseaux sanguins et provoquer une inflammation qui peut affecter le fonctionnement du cœur (Bearth et Schregenberger, 2021).

2.1.3 Cancer

Certains polluants atmosphériques, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), sont considérés comme des substances cancérigènes et peuvent augmenter le risque d'atteinte du cancer. Leurs effets sur la santé humaine sont plus ou moins délétères suivant la quantité absorbée, le mode et la durée d'exposition. L'homme peut être exposé par inhalation, par ingestion ou par contact direct à travers la peau. Les HAPs sont considérés comme étant cancérigènes et mutagènes. Plusieurs études dont l'étude de Grimmer en 1991 montre que les HAPs (ou leurs métabolites) sont impliqués

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

dans divers types de cancers chez l'Homme, comme le cancer du scrotum, de l'œsophage, de l'estomac, de la vessie et des poumons. Cependant, il est très difficile d'attribuer l'apparition de ces cancers seulement aux HAPs car les personnes atteintes sont souvent soumises à un mélange de polluants (POP et autres) (Harrache, 2020).

2.1.4 Effets sur le système nerveux

Certains polluants atmosphériques (plomb) peuvent affecter le développement du cerveau chez les enfants et causer des problèmes tels que des troubles du comportement, des troubles d'apprentissage et des déficits cognitifs. L'OMS classe le plomb parmi les 10 produits chimiques gravement préoccupants pour la santé publique qui appellent une action des États Membres pour protéger la santé des travailleurs, des enfants et des femmes en âge de procréer. Il n'existe pas de concentration de plomb dans le sang qui soit sans danger. Même des concentrations sanguines aussi faibles que 3,55 µg/dl sont parfois associées à une baisse de l'intelligence de l'enfant, à des problèmes comportementaux et à des difficultés d'apprentissage (OMS, 2022).

2.1.5 Effets sur la reproduction

Les polluants atmosphériques peuvent affecter la fertilité et le développement fœtal chez les femmes enceintes. Selon une étude réalisée à São Paulo, déterminant la relation entre le risque de fausse-couche spontanée c'est-à-dire la mortalité intra-utérine et la pollution atmosphérique. D'autres objectifs de cette étude étaient d'estimer l'effet de l'exposition à la pollution de l'air sur les hospitalisations de jeunes enfants pour une infection aiguë des voies respiratoires inférieures (ALRI) et d'explorer si ces effets différaient entre les enfants pauvres et les autres enfants (Pereira et al, 1998).

L'Unicef estime qu'un enfant au moins meurt toutes les 45 secondes de la pneumonie, est contagieuse par moyen de particules suspendues dans l'air, peut-être par un liquide ou bien une surface de contamination (Unicef, 2022).

2.1.6 Effet des particules en suspension (PM) sur la santé

Les effets aigus et chroniques des particules en suspension sur la santé ont été largement étudiés pendant cinq décennies, depuis l'épisode de Londres en 1952. Les particules fines ont été liées à de nombreux effets néfastes sur la santé incluant une augmentation des hospitalisations et des visites aux salles d'urgence, et on a noté des difficultés respiratoires, une aggravation des maladies respiratoires et cardiovasculaires

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

chroniques, une diminution de la fonction pulmonaire et une mortalité prématurée (Harrache, 2020).

La toxicité des particules dépend principalement de leur taille et de leur composition. La zone de dépôt dans les voies respiratoires est fonction de la taille des particules inhalées (fig. 6).

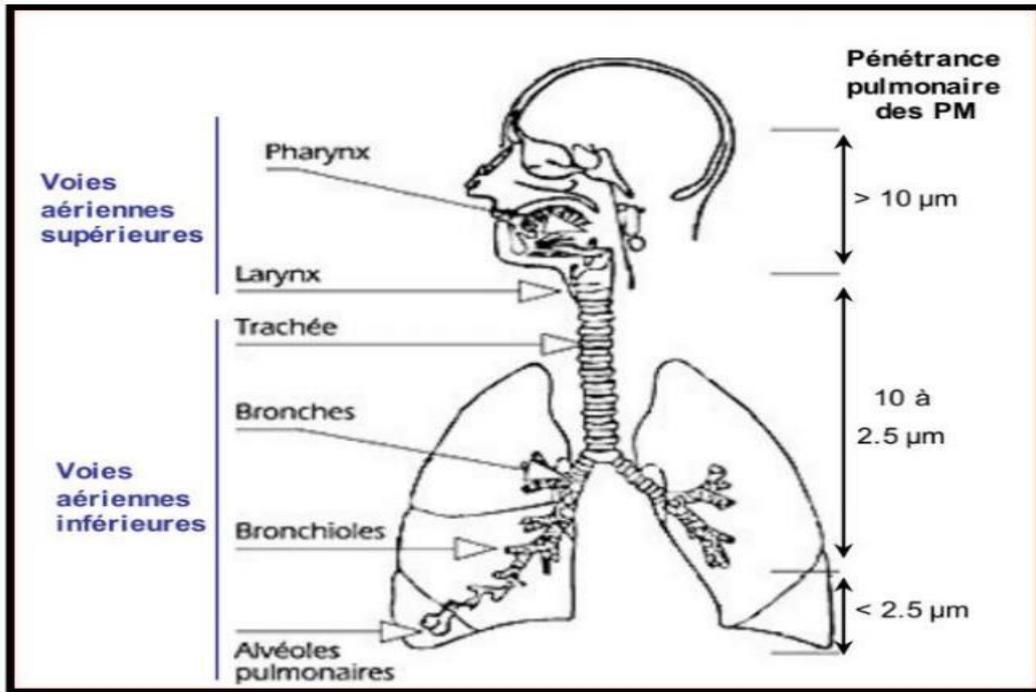


Fig. 2.1 - Appareil respiratoire et pénétration des particules (Harrache, 2020).

Il est important de noter que les effets des polluants atmosphériques sur la santé peuvent varier en fonction du type et de la quantité de polluants présents, de l'âge, de la santé et de l'exposition individuelle. Il est donc crucial de limiter l'exposition aux polluants atmosphériques en réduisant les émissions et en prenant des mesures pour améliorer la qualité de l'air intérieur et extérieur (Harrache, 2020).

Remarque : Pour limiter les effets négatifs des polluants atmosphériques sur la santé respiratoire, il est temps de faire face et de privilégier les techniques de prévention de la pollution atmosphérique.

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

2.2 Impacts environnementaux

Les effets des polluants sur l'environnement sont une préoccupation majeure dans le monde d'aujourd'hui. Avec le développement de l'industrialisation et la croissance démographique, la quantité de polluants rejetés dans l'environnement a augmenté de manière significative. Ces polluants peuvent avoir un effet dévastateur sur l'environnement et ses habitants. Nous citons donc :

2.2.1 Impacts environnementaux à l'échelle locale

L'impact de la pollution de l'air sur l'environnement à l'échelle locale fait référence aux effets de la pollution de l'air dans une zone géographique spécifique, et peut avoir un effet sur :

2.2.1.1 la santé humaine

Les polluants atmosphériques peuvent entraîner des problèmes respiratoires, tels que : l'asthme, les allergies, les infections respiratoires et les maladies cardiovasculaires...

2.2.1.2 les bâtiments et les infrastructures

La pollution de l'air peut endommager les bâtiments, les monuments patrimoniaux et les infrastructures. L'acide nitrique (HNO_3), le dioxyde de soufre (SO_2), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de carbone (CO_2) sont responsables de la corrosion et de la fragilisation des matériaux de construction (pierre, ciment, béton, brique, céramique) ou encore le bois (Combe, 2015).

2.2.1.3 La qualité de l'air intérieur

Les polluants atmosphériques peuvent pénétrer dans les bâtiments, entraînant des problèmes respiratoires et réduisant ainsi la qualité de l'air intérieur.

2.2.1.4 Les écosystèmes

Les polluants peuvent perturber les écosystèmes naturels en réduisant la diversité des espèces animales et végétales, en perturbant les cycles naturels des nutriments et de l'eau, et en affectant la qualité de l'habitat (Amara, 2011).

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

pluies rendent les rivières toxiques et déséquilibrent tout l'écosystème qui les entoure : des poissons qui y vivent, aux arbres qui les entourent et aux animaux qui s'y abreuvent. Les bâtiments sont également dégradés par les pluies acides, provoquant ainsi l'érosion du calcaire et la corrosion des métaux. Taj MAHAL comme de nombreux monuments célèbres, subissent les effets de l'acidité atmosphérique générés par ces pluies (GEO, 2018).

La pollution de l'air peut également affecter la qualité de l'eau souterraine. Les polluants atmosphériques peuvent pénétrer dans le sol, contaminer les nappes phréatiques et affecter la qualité de l'eau potable.

2.2.2.3 Impacts sur les sols

Les polluants atmosphériques ; les oxydes d'azote et les oxydes de soufre peuvent acidifier les sols, ce qui provoque la stérilité et l'infertilité des sols et affecter la croissance des plantes (Le Gall, 2004).

2.2.2.4 Smog

Les mots "smoke" (fumée) et "fog" (brouillard) décrit une couche de pollution atmosphérique qui se forme dans les zones urbaines et industrielles grâce à un mélange de particules de polluants atmosphériques, tels que le dioxyde de soufre, l'ozone, les oxydes d'azote, les hydrocarbures et les particules fines. En décembre 1952, Londres a disparu dans un épais brouillard dans une scène historique qui a duré quatre jours, les habitants de la capitale britannique confinés chez eux alors que la visibilité tombait à quelques mètres seulement. Les transports publics se sont arrêtés et les hôpitaux ont admis des centaines de patients. Selon un rapport de 2004 publié dans la revue *Environmental Health Perspectives*, près de 12 000 personnes auraient perdu la vie suite à cet épisode inhabituel de pollution de l'air (Crawford ; Williams, 2006).

Le smog reflète un véritable danger pour la santé. Ce mélange de polluants en suspension dans l'air peut provoquer des problèmes respiratoires ou cardiaques, de l'asthme et aggraver la santé des plus fragiles. Il peut irriter le nez, les yeux et la gorge, notamment au printemps pendant la saison pollinique. Les enfants, les femmes enceintes et les personnes âgées sont les plus vulnérables à l'exposition au smog, et son impact est similaire à celui des cigarettes (Buitekant, 2021).

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

Certains pays et régions du monde sont plus touchés par le smog que d'autres. Aujourd'hui, la pollution est un fléau mortel qui tue chaque année des millions de personnes. En Europe, la Pologne, qui tire 90 % de son énergie du charbon, a été particulièrement touchée par le smog. L'Inde, le Pakistan, le Kazakhstan, le Kirghizistan, l'Égypte, le Qatar, l'Arabie saoudite et la Chine sont sans hésitation exposés à ce phénomène (Buitekant, 2021).

L'OMS ne recommande pas plus de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'exposition quotidienne. Lors d'un smog extrême en 2019, les concentrations de $\text{PM}_{2,5}$ dans la capitale pakistanaise Lahore ont atteint $580 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Buitekant, 2021).

2.2.3 Impacts environnementaux à l'échelle planétaire/globale

La pollution de l'atmosphère est un phénomène qui affecte l'ensemble de la planète, avec deux manifestations principales :

2.2.3.1 Changement climatique

Les émissions de GES provenant des combustibles fossiles et d'autres sources peuvent contribuer au réchauffement climatique, entraînant des impacts environnementaux tels que la fonte des glaciers, l'élévation du niveau de la mer et les changements climatiques imprévisibles. Cependant le réchauffement climatique tue 5 millions de personnes par an (Mayer, 2021).

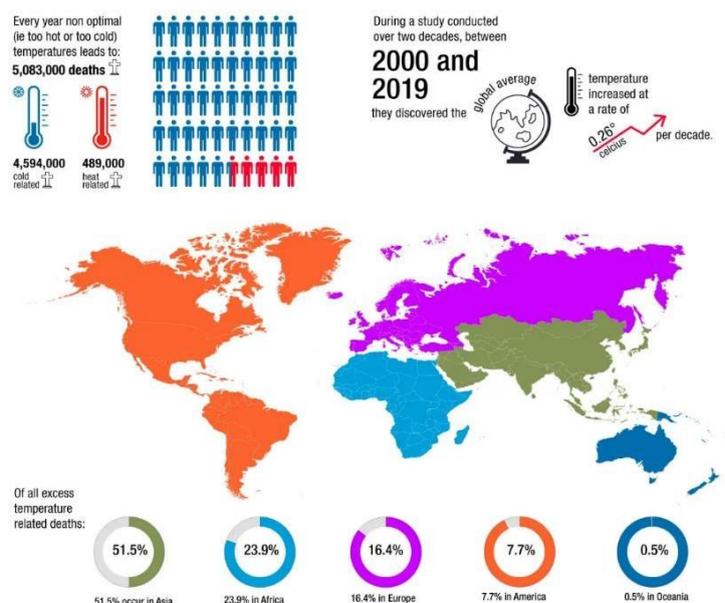


Fig. 2.3 - Mortalité due à des anomalies de températures ces deux dernières décennies (Mayer, 2021).

Chapitre II : Impact de la pollution atmosphérique

2.2.3.2 Destruction de la couche d'ozone dans la stratosphère

La couche d'ozone agit comme filtre de certains rayons nocifs émis par le soleil. L'ozone est un gaz bleuté à odeur âcre, concentré à environ 20 km au-dessus de la surface de la terre. En juin 1974, deux scientifiques américains M. MOLINA et F. SHERWOOD ROWLAND ont découvert que les « chlorofluorocarbones » (CFC), en s'élevant dans l'atmosphère, détruisent la couche d'ozone. Les CFC présents dans les climatiseurs, les réfrigérateurs et certains emballages prennent entre 60 et 150 ans à disparaître dans la stratosphère, alors que la couche d'ozone se régénère dans un cycle de 100 ans. Donc les CFC détruisent l'ozone plus vite qu'elles ne se fabriquent. C'est pourquoi les savants pensent que la couche d'ozone peut finir par disparaître (Beaudoin, 1986).

En 1987, une vingtaine de pays ont banni les CFC de leur vie quotidienne c'est pour cela en date du mardi 10 janvier, l'ONU annonce selon ses scientifiques, que le trou dans la couche d'ozone pourrait se résorber d'ici à 2066 (Soubane et al, 2023).

Références

Références bibliographiques et webographie

AMARA, 2011 Impact de la pollution sur les écosystèmes côtiers : exemple de la Manche orientale publié en Juil 2011 par Rachid Amara. 29 p, Vertigo.

APQ, 2016 Qualité de l'air publié en Juil 2016 par Association Pulmonaire au Québec.

BEARTH ; SCHREGENBERGER, 2021 Ce que la pollution fait subir au corps humain, Publié le 12 mai 2021 17h00. Modifié le 19 mai 2021 12h36. Par Giulia Bearth Katrin Schregenberger, HEIDI.NEWS.

BEAUDOIN, 1986 La destruction de la couche d'ozone publié en 1986 par Sylvain Beaudoin, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES.

BUI TEKANT, 2021 Qu'est-ce que le smog ? Publié le 12 Sept 2021 - Mis à jour le 14 Sept 2021 par ESTHER BUI TEKANT, GEO.

COMBE, 2015 La pollution de l'air coûte cher aux bâtiments Posté le 9 août 2015 par Matthieu Combe dans Environnement, Techniques de L'ingénieur.

CRAWFORD; WILLIAMS, 2006 Smog and population health publié par Erica Crawford & Tim Williams en Mars 2006, Science and Technology Division, 20 p.

GEO, 2018 Qu'est-ce qu'une pluie acide ? Définition et dangers publié en Dec 2018, mis à jour en Jan 2020 par GEO.

HARRACHE, 2020 Caractérisation physico-chimique des particules fines dans l'atmosphère Mémoire de fin d'étude, présentée par : HARRACHE Ilham, 61 p.

LE GALL, 2004 Effets des dépôts atmosphériques de soufre et d'azote sur les sols et les eaux douces en France publié en Nov 2004 par Anne Christine Le Gall, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. 116 p.

MAYER, 2021 Le réchauffement climatique tue 5 millions de personnes par an publié en Juil 2021 par Nathalie Mayer, FUTURA.

MEDIRESSOURCE INC, 2023 Maladie coronarienne (Troubles coronariens, Maladie cardiaque, Insuffisance coronarienne) publié en 1996 et mis à jour en 2023, RESSOURCES SANTE

MEGDICHE ET AL, 2016 La pollution a-t-elle un impact sur la pression artérielle ? Fatma Megdiche, Edward Pivin, Grégoire Wuerzner, Michel Burnier, publié le 14 Sep 2016, Hypertension REVUE MEDICALE SUISSE. 1517 p.

OMS, 2022 Intoxication au plomb et santé publié le 31 Aout 2022, par OMS.

PEREIRE ET AL, 1998 Association entre la pollution de l'air et la mortalité intra-utérine à São Paulo, Brésil publié par L A Pereira 1, D Loomis, G M Conceição, A L Braga, R M

Références

Arcas, H S Kishi, J M Chanteur, G M Böhm, P H Saldiva en Juin 1998, NIH National Library of Medicine.

SOLHEID, 2021 COMMUNIQUÉ DE PRESSE : la pollution atmosphérique accroît le risque d'ave et d'infarctus publié le 24 Fév 2021 par Coralie Solheid, AIM.

SOUBANE ET AL, 2023 la couche d'ozone est en voie de guérison, annonce l'ONU publié par S. Soubane, A. Chopin, S. Feydel, J. Boulesteix, L. Sabas en 2023, franceinfo.

THE BEAT, 2017 La pollution de l'air et son impact sur la santé cardiaque, publié en Mai 2017.

UNICEF, 2022 Tout ce que vous devez savoir sur la pneumonie chez l'enfant publié le 08 Nov 2022, par UNICEF.

Chapitre III

Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

3.1 Cadre juridique de la protection de l'atmosphère et de la pollution atmosphérique dans le monde

La protection de l'environnement est devenue un objectif crucial à atteindre depuis l'industrialisation du monde et les premières émissions polluantes qui ont dégradé la qualité de l'air. Au niveau mondial, la protection de l'atmosphère est basée sur un cadre juridique composé de conventions internationales qui ont permis de sensibiliser les gouvernements et les citoyens à l'importance de la protection de l'atmosphère et à la réduction de la pollution de l'air. Ainsi, elles ont aidé à ralentir et à limiter cette dernière en réduisant les émissions des GES (Gaz à Effet de Serre) et en optimisant la qualité de l'air.

On cite, les principales conventions internationales :

3.1.1 Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone (1985) : Adoptée par 28 pays le 22 mars 1985, elle vise à améliorer la coopération internationale en vue de restreindre les effets néfastes que les différentes activités humaines exercent sur la couche d'ozone (Vienne, 2001). La convention est divisée en plusieurs articles, chacun à un objectif à expliquer et inciter les parties visées à le suivre, les articles les plus importants sont :

- **Article 2 :** ce dernier présente les obligations générales imposées sur les parties, et dit alors : « *Les Parties prennent des mesures appropriées conformément aux dispositions de la présente Convention et des protocoles en vigueur auxquels elles sont parties pour protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes résultant ou susceptibles de résulter des activités humaines qui modifient ou sont susceptibles de modifier la couche d'ozone.* »

A cette fin, les parties sont obligées de coopérer dans le but de réduire la pollution de l'air (Vienne, 2001).

- **Article 3 :** Recherche et observations systématiques « Les Parties s'engagent, selon qu'il conviendra, à entreprendre des recherches et des évaluations scientifiques ou à coopérer à la réalisation de recherches et d'évaluations scientifiques, directement ou par l'intermédiaire d'organes internationaux compétents. »

Cet article incite à l'échange scientifique international, de sciences et technologies pouvant être utiles pour réaliser le but de la protection de la couche d'ozone (Vienne, 2001).

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

- **Article 4** : renforçant l'article précédent, cet article intitulé **Coopération dans les domaines juridique, scientifique et technique** « *Les Parties facilitent et encouragent l'échange des renseignements scientifiques, techniques, socio-économiques, commerciaux et juridiques appropriés aux fins de la présente Convention et comme précisé à l'annexe II. Ces renseignements sont fournis aux organes agréés par les Parties. Tout organe qui reçoit des renseignements considérés comme confidentiels par la Partie qui les fournit veille à ce qu'ils ne soient pas divulgués et les agrège afin d'en protéger le caractère confidentiel avant de les mettre à la disposition de toutes les Parties.* » (Vienne, 2001).

3.1.2 Protocole de Montréal (1987)

Approuvé par 24 parties à Montréal, ce protocole est issu de la conférence de plénipotentiaires concernant le Protocole à la Convention de Vienne (1985) relatif à la protection de la couche d'ozone associée aux chlorofluorocarbures. Le Protocole a été consacré à Montréal le 16 septembre 1987, à Ottawa du 17 septembre 1987 au 16 janvier 1988 et du 17 janvier 1988 au 15 septembre 1988 au siège des Nations Unies à New York. (*Nations unies, UN.org*)

Ce protocole nécessitait que les pays (*Parties*) développés commencent à éliminer progressivement les chlorofluorocarbures (*CFC*) (dites Substances appauvrissant la couche d'ozone) en **1993** et qu'en **1998** ils atteignent une réduction de 50 % par rapport aux niveaux de consommation de **1986**. (*Gouvernement du Canada, Canada.ca*)

3.1.3 Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatiques (CCNUCC) 1992

Une des trois conventions adoptées lors du « *Sommet de la terre de Rio* » en 1992, cette convention est une « Convention de Rio », ratifiée par **197** pays appelés parties à la convention. La CCNUCC a pour objectif ultime, la prévention des activités humaines « dangereuses » pour le système climatique. Cette dernière a emprunté une ligne très importante à l'un des traités multilatéraux sur l'environnement les plus réussis de l'histoire (le protocole de Montréal, en 1987) : elle obligeait les États membres à agir dans l'intérêt de la sécurité humaine, même en cas d'incertitude scientifique. (Wikipédia, 2007).

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

3.1.4 Protocole de Kyoto à la CCNUCC (1997)

Adopté le 11 décembre 1997 lors de la Conférence Des Parties (COP) qui s'est tenue à *Kyoto*, au *Japon*. Le but de ce dernier était de réduire les émissions, et ainsi l'impact des gaz à effet de serre dans les pays industrialisés, pour ralentir le changement climatique d'un certain pourcentage par rapport à l'année 1990, en prenant des mesures de protection. Ce protocole a été ratifié par **191** états, après avoir été signé par plus de **55** pays et entré en vigueur en **2005**, qui étaient responsables de plus de **55%** des émissions de **CO₂** au niveau international. Il présentait des mécanismes aux pays développés, nommés « *mécanismes de Kyoto* » leur permettant de s'acquitter d'une partie de leurs engagements de réduction à l'étranger. (Myclimate, 2022).

3.1.5 Protocole de Göteborg (1999)

Un accord international qui vise à réduire les émissions de certains polluants atmosphériques à longue distance, tels que les oxydes de soufre, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. Il a été adopté en 1999 et est entré en vigueur en **2005**. (Canada Gouv, 2022).

Ce protocole établit des plafonds d'émissions nationaux pour les polluants atmosphériques mentionnés, et les parties contractantes doivent prendre des mesures pour réduire les émissions de ces polluants dans les secteurs industriels, de l'énergie et du transport. Il prévoit également des mécanismes de suivi et de rapport pour vérifier la mise en œuvre des mesures prises par les parties contractantes (Canada Gouv, 2022). Il est considéré comme un outil important pour lutter contre la pollution atmosphérique en Europe, car il fournit un cadre juridique contraignant pour la réduction des émissions de polluants atmosphériques à longue distance (Canada Gouv, 2022).

3.1.6 Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (2001)

Les POP (Polluants Organiques Persistants) sont des substances toxiques pour la santé humaine, connue pour leur forte résistance à la dégradation biologique qui leur attribue le caractère de *la persistance*, et par leur tendance à se déplacer de très longues distances suivant les courants d'air et d'eau. Ces substances peuvent être émises dans l'air et peuvent être des GES (Gaz à Effet de Serre).

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

La convention de *Stockholm*, adoptée à la conférence de plénipotentiaires, comptant **186** parties et signée par **152** pays le **22 mai 2001**, a pour but de protéger la vie humaine et l'environnement du danger des **POP**, en visant l'élimination ou la restriction d'utilisation ou de production de ces substances inscrites dans l'annexe A et B de la convention (Canada Gouv, 2022). Chaque pays (partie) doit élaborer un plan qui leur permettra de se conformer aux exigences de la convention et y faire partie pour la gestion des déchets visés.

Un rapport national dans lequel sont fournis les données sur les quantités totales de production, d'importation et d'exportation des produits chimiques inscrits, les mesures prises pour mettre en œuvre les dispositions de la Convention en plus de l'efficacité de telles mesures pour l'atteinte des objectifs de la Convention, est exigé tous les Quatre (**4**) ans et doit être présenté.

Les stocks et les déchets contenant des POP doivent être gérés et éliminés de manière sûre, efficace et respectueuse de l'environnement, en tenant compte des règles, normes et directives internationales (Canada Gouv, 2022).

3.1.7 Convention de Minamata sur le mercure (2013)

Adoptée en **2013** par les Nations Unies à *Minamata*, cette convention a pour objet la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les effets nocifs du mercure, de ses émissions et des rejets anthropiques ses composés (ONU, 2019). Cette dernière oblige les parties (pays) à réduire l'utilisation et l'émission de cette substance dans tous les secteurs industriels, elle établit aussi des mesures pour prévenir la libération du mercure dans l'environnement sous toutes ses formes, et donne des lignes directrices pour le stockage sûr de ce métal lourd.

En voyant l'importance de cette convention, elle est considérée comme l'un des accords les plus rapidement ratifiés de l'histoire des Nations Unies, entrée en vigueur en 2017, et ratifiée par **137** pays jusqu'à aujourd'hui (ONU, 2019).

3.1.8 Accord de Paris (2015)

L'Accord de *Paris* est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par **196** Parties lors de la COP 21, la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques à *Paris*, France, le **12 décembre 2015**, et est entré en vigueur le **4 novembre 2016** (UNFCCC, 2016).

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

Son objectif primordial est de maintenir « l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2°C au-dessus des niveaux préindustriels » et de poursuivre les efforts « pour limiter l'augmentation de la température à 1,5°C au-dessus des niveaux préindustriels. » Cependant, ces dernières années, les dirigeants mondiaux ont souligné la nécessité de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C d'ici la fin de ce siècle. L'Accord de Paris est un jalon dans le processus multilatéral sur le changement climatique car, pour la première fois, un accord contraignant rassemble toutes les nations pour lutter contre le changement climatique et s'adapter à ses effets (UNFCCC, 2016).

3.2 Cadre Juridique de la protection de l'atmosphère et de la pollution atmosphérique en droit Algérien

L'Algérie a toujours pris intérêt aux problèmes mondiaux relatifs à la protection de l'environnement, et est partie à plusieurs conventions internationales relatives à la protection de l'environnement, y compris celles qui ont pour objet la protection de l'atmosphère et la réduction des émissions des polluants atmosphériques.

On cite :

- ☞ La convention de *Vienne* sur la protection de la couche d'ozone
- ☞ La convention de *Montréal* relative aux substances appauvrissant la couche d'ozone
- ☞ La Convention de *Stockholm* relative aux POP (polluants organiques persistants)
- ☞ La CCNUCC
- ☞ Le protocole de *Kyoto* à la CCNUCC
- ☞ Le protocole de *Göteborg*

Au niveau national, la protection de l'atmosphère et de la qualité de l'air est encadrée par plusieurs lois, décrets et réglementations, montrant l'importance qu'attribue ce pays à la protection de son environnement en général.

On cite parmi les réglementations relatives à :

3.2.1 Protection de la couche d'ozone

- Décret présidentiel n° 92-354 du 23.09.1992 portant adhésion à la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone, signée à Vienne le 22 mars 1985.

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

- Décret présidentiel n° 92-355 du 23.09.1992 portant adhésion au protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, signé à Montréal le 16 septembre 1987 ainsi qu'à ses amendements (Londres 27/29 juin 1990).
- Décret présidentiel n° 99-115 du 14.06.1999 portant ratification de l'amendement au protocole de Montréal adopté par la quatrième réunion des parties à Copenhague, 23-25.11.1992.
- Décret présidentiel n° 07-93 du 19.03.2007 portant ratification de l'amendement au protocole de Montréal adopté par la neuvième réunion des parties à Montréal, 15-17.09.1997.
- Décret présidentiel n° 07-94 du 19.09.2007 portant ratification de l'amendement au protocole de Montréal relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone, adopté à Beijing le 03.12.1999.
- Décret exécutif n° 13-110 du 17.03.2013 réglementant l'usage des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent juillet 2003.

3.2.2 Changements Climatiques

- Décret présidentiel n° 93-99 du 10.04.1993 portant ratification de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques adoptée par l'assemblée générale des nations unies le 09.05.1992.
- Décret présidentiel n° 04-144 du 28.04.2004 portant ratification du protocole de Kyoto à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, fait à Kyoto le 11.12.1992.
- Décret exécutif n° 05-375 du 26.09.2005 portant création de l'agence nationale des changements climatiques, fixant ses missions et définissant les modalités de son organisation et de son fonctionnement.
- Décret présidentiel n° 16-262 du 13.10.2016 portant ratification de l'accord de Paris sur les changements climatiques, adopté à Paris le 12.12.2015.

3.2.3 Polluants Organiques Persistants

- Décret présidentiel n° 06-206 du 07.06.2006 portant ratification de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, adoptée à Stockholm le 22.05. 2001.

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

3.3 Loi du 83-03 relative à la protection de l'environnement

Cette loi est considérée comme l'acte fondateur de la réelle affirmation de l'engagement de l'Algérie en matière de protection de l'environnement. En 1983, et à travers les dispositions de cette loi, les composants de l'environnement sont passés de l'état de non droit à l'état de droit.

Cette législation a pour objet de mettre en œuvre une politique nationale de protection de l'environnement qui vise à :

- Protéger, restructurer et valoriser les ressources naturelles.
- Lutter contre les pollutions et nuisances.
- Améliorer l'environnement et la qualité de vie.

Il est composé de 140 articles répartis en 6 titres : Dispositions générales (I) ; Protection de la faune (II) ; Protection des milieux récepteurs, de l'atmosphère, de l'eau et de la mer (III) ; Protection contre les nuisances, y compris les dispositions relatives aux installations classées, aux déchets, à la radioactivité, aux substances chimiques et au bruit (IV) ; études d'impact (V) ; Enquête et détection des infractions (VI) (Ecolex, 2017).

3.4 Loi du 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

Cette législation a pour objet de mettre en œuvre une politique nationale de l'environnement qui favorise le développement durable. Elle établit les principes et règles fondamentaux de la gestion de l'environnement :

- La conservation.
- La restauration et la valorisation des ressources naturelles.
- La prévention et la lutte contre toutes formes de pollutions et nuisances.
- L'amélioration de l'environnement et de la qualité de vie.

Cette loi est composée de **114** articles qui sont répartis en **8** titres : Dispositions générales (I) ; Instruments de gestion environnementale (II) ; Exigences en matière de protection de l'environnement (III) ; Protection contre les nuisances (IV) ; Dispositions particulières (V) ; Dispositions pénales (VI) ; Recherche et Détection des Infractions (VII) ; Dispositions finales (VIII) (Ecolex, 2017).

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

3.5 Cadre institutionnel de la protection de l'atmosphère en Algérie

Dans le cadre de la stratégie nationale en matière de protection de l'environnement, l'Algérie a mis en place le **PNAE-DD** (plan nationale d'action pour l'environnement et le développement durable), ayant pour objet le renforcement de l'aspect réglementaire, le renforcement institutionnel par la création d'institutions dédiées à toutes les thématique de l'environnement et l'introduction de la fiscalité environnementale. Le cadre institutionnel est l'ensemble des règles, politiques, procédures, structures et entités qui dirigent le fonctionnement et la prise de décision d'une organisation ou d'une institution. Cela peut inclure des règles informelles ainsi que des structures formelles telles que des organigrammes, des comités, des groupes de travail, *etc.* Le cadre institutionnel peut différer selon l'organisation et son objectif (AND, 2023).

Ces institutions contribuent, directement ou indirectement, à la protection de l'atmosphère à travers leurs organisations et les missions de leurs organes spécifiques.

En **1983**, la loi n° **83-03** relative à la protection de l'environnement est promulguée, cette loi crée l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE) le **26 juillet 1983**. Puis en **1986**, c'est la naissance de la première Direction centrale de l'environnement qui avait la responsabilité de toutes les questions environnementales, l'ANPE était responsable de cela. L'objectif de la tâche d'exécution est d'exécuter les tâches assignées.

- On cite dans ce tableau suivant, réalisé par Dr. HAMITI Dalila, les dates de création des institutions responsables de la protection de l'environnement en Algérie, par ordre de date :

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

Tab. 4 - Dates de création des institutions prenant en charge l'administration de l'environnement – (HAMITI, 2022).

Année	Institution responsable de la protection de l'environnement
1974	Création du Conseil National de l'Environnement
1977	Dissolution du CNE et transfert de ses prérogatives au Ministère de l'hydraulique, de la mise en valeur des terres et de la protection de l'environnement.
1981	Transfert des missions de protection de l'environnement au Secrétariat d'Etat aux forêts et à la mise en valeur des terres, et Création en 1983 d'une Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE).
1984	Rattachement des prérogatives de protection de l'environnement au Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts.
1988	Transfert des prérogatives de protection de l'environnement au Ministère de l'intérieur.
1990	Transfert de l'environnement au Ministère délégué à la recherche, à la technologie et à l'environnement.
1992	Transfert de l'environnement au Ministère de l'éducation nationale
1993	Rattachement de l'environnement au Ministère chargé des universités.
1994	Rattachement de nouveau de l'environnement au ministère de l'intérieur, des collectivités locales et de l'environnement.
1996	Création d'un Secrétariat d'Etat chargé de l'environnement. La direction générale de l'environnement (DGE) est maintenue avec ses prérogatives sous la tutelle de ce Secrétariat d'Etat.
2000	Création du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
2007	Création du Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Environnement et du Tourisme (MATET)
2010	Création du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de la Ville (MATEV)
2016	Création du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement
2017	Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables
2020	Ministère de l'Environnement
2020	Ministère de la Transition Énergétique et des Energies Renouvelables

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

3.5.1 Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables

Le ministère de l'environnement et des énergies renouvelables a été créé en **2001** en Algérie dans le cadre d'un remaniement ministériel. Il a succédé à l'ancien ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et était chargé d'élaborer la politique environnementale de l'Algérie. Depuis sa création, le ministère a tenté de mettre en œuvre des stratégies de protection de l'environnement et des initiatives d'énergie renouvelable en Algérie. Ce ministère a pour objectifs :

- Instauration d'une culture environnementale durable, d'une approche intégrée, intégrée, de sensibilisation et d'éducation, à la rédemption
- Continuer à œuvrer pour la gestion intégrée des déchets, améliorer ses performances et diffuser la collecte des déchets et les résultats de leur soumission au tri sélectif au niveau de toutes les communes,
- La promotion des activités dans le domaine de l'édition et de l'activité commerciale, ses effets sur la réduction des importations, est considérée comme un pilier de la création d'emplois et de la production,
- Préservation des habitats naturels de la diversité biologique et limitation de toutes les formes de sécheresse,
- Travailler à la protection et à la préservation des informations environnementales du littoral, des zones humides et des réserves naturelles,
- Continuer à lutter contre toutes les formes de pollution, corps et corps, et continuer à lutter contre toutes les formes de pollution.
- Travailler sur la concrétisation du programme de travail dans le développement de sa vision.
- Améliorer l'environnement de l'investissement dans les domaines nationaux (*Site officiel du Ministère de l'environnement, <https://www.me.gov.dz/fr/>*).

3.5.2 Agence nationale des changements climatiques (ANCC)

L'Algérie a initié la création de l'Agence Nationale du Changement Climatique (ANCC) en 2005, l'agence a pour objet de promouvoir l'intégration de la question du changement climatique dans tous les plans de développement et de contribuer à la protection de l'environnement. L'agence est chargée de mener des recherches, d'éduquer le public, de compiler des informations et d'agir en matière d'émissions et de séquestration de

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

gaz à effet de serre, d'adaptation au changement climatique, de réduction des effets de la catastrophe et de ses diverses ramifications. (Construction21, 2022).

3.5.3 Agence nationale des Déchets (AND)

L'AND a été promulguée par le **décret n° 02-175 du 20 mai 2002**. Sous la tutelle du ministère de l'environnement et des énergies renouvelables, elle est chargée de fournir des services environnementaux dans le cadre d'une mission publique d'éducation et d'information du public sur les techniques de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets. Elle doit capitaliser et documenter la gestion des déchets et assurer sa diffusion auprès des collectivités locales et des entreprises (AND, 2023). Elle a pour but de :

- Fournir l'assistance aux collectivités locales dans le domaine de la gestion des déchets
- Traiter les données et informations sur les déchets
- Constituer et actualiser une banque nationale de données sur les déchets
- En matière de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets, l'Agence est chargée :
 - D'initier, réaliser ou contribuer à la réalisation d'études, recherches et projets de démonstration
 - De publier et diffuser des informations scientifiques et techniques
 - D'initier et contribuer à la mise en œuvre de programmes de sensibilisation et d'information
- Mettre en œuvre et exploiter le Système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages *EcoJem*

3.5.4 Observatoire Nationale de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD)

Créé suivant le Décret exécutif n° **02-115 du 3 avril 2002** portant création de l'Observatoire national de l'environnement et du développement durable, sous cette dénomination et abréviation (**ONEDD**)

Le contexte international de la création de l'ONEDD est lié au nombre de protocoles et/ou conventions que l'Algérie a ratifiés et/ou signés, dont l'Agenda 21 pour le développement durable, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

développement à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992, ainsi que la Convention de Barcelone (Espagne) et les protocoles y afférents, qui protègent la mer Méditerranée de la pollution.

Cet observatoire a pour objectif :

- La collecte auprès des institutions nationales et organismes spécialisés, des données et informations liées à l'environnement et au développement durable.
- La gestion, l'analyse et le traitement des données et informations liées à l'environnement et au développement durable.
- La publication et la diffusion de l'information environnementale.
- L'élaboration et la diffusion d'outils d'information et d'aide à la décision (rapport sur l'état de l'environnement (RNE), monographies thématiques et régionales, bulletins thématiques périodiques, cartes thématiques, ...)

L'ONEDD est réparti en plusieurs laboratoires régionaux (4) ; Alger (Centre), Oran (Ouest), Constantine (Est), Ouargla (Sud) (ONEDD, 2018)

3.5.5 Centre National des Technologies de Production plus Propre (CNTPP)

Le Centre National des Technologies de Production Propre, dit **C.N.T.P.P**, est un organisme public à caractère principalement industriel et commercial. Il a été créé par le décret **02-262** du **17 août 2002**, ce décret a été modifié par le **décret 19-11** du **23 janvier 2019**. Il est placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement (CNTPP, 2020). Cet établissement a pour objectif :

- La création d'un espace de transfert de savoir-faire et d'échange d'informations techniques et d'expérience en matière de production plus propre.
- L'émergence d'une industrie respectueuse de l'environnement privilégiant les procédés de fabrication moins polluants et consommant moins de ressources naturelles.
- L'amélioration de la productivité et la compétitivité des entreprises algériennes dans le cadre du respect des exigences environnementales.

3.6 Fiscalité contribuant à la protection de l'atmosphère en Algérie

En Algérie, il existe plusieurs mesures fiscales visant à encourager la protection de l'atmosphère en réduisant les émissions d'effluents, et en encourageant les comportements

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

et les investissements qui réduisent les rejets de gaz à effet de serre et la transition vers une économie plus verte et durable. L'instigateur de ces taxes est *Arthur Cecil PIGOU*, économiste libéral qui travailla pour le gouvernement en **1920**. Il envisagea de légitimer l'intervention par une fiscalité ; cela permettrait d'internaliser les effets négatifs associés aux activités économiques des individus (Hamiti, 2022)

Selon l'OCDE, la fiscalité environnementale englobe toutes les taxes, impôts et redevances dont le fondement repose sur un polluant, un produit ou un service qui nuit à l'environnement ou épuise les ressources naturelles (Rotillon G., 2007, p 108).

En vertu du décret **98-339** de la **loi de finances** complémentaire de **2002** et **2003**, toute entreprise susceptible de causer de la pollution est tenue de payer une redevance. La politique de fiscalisation environnementale repose sur le principe du "pollueur-payeur" et a touché les secteurs à forte intensité de pollution, en établissant un système fiscal inspiré d'une nomenclature élaborée par les pays industrialisés.

Depuis **1992**, l'Algérie s'est engagée dans la mise en place d'une taxe environnementale visant à lutter contre la pollution industrielle, avec l'introduction de la Taxe sur les Activités Polluantes ou Dangereuses (**TAPD**) dans la loi de finances de cette année-là. Toutefois, c'est la loi de finances de **2002** qui a véritablement donné corps à la fiscalité écologique en Algérie et lui a attribué un rôle dans le financement des dépenses publiques (M'hamed, 2005). Selon la Direction Générale des Impôts (**DGI**), la fiscalité écologique en Algérie se compose des principales taxes énumérées ci-dessous :

3.6.1 La Taxe sur les Activités Polluantes et Dangereuses pour l'environnement (TAPD)

Introduite en Algérie en **2006** dans le cadre de la loi des finances, dans l'objectif d'inciter les entreprises à réduire leur impact environnemental en limitant les rejets d'émissions polluantes et les risques potentiels pour la santé du public. Les recettes de la TAPD sont utilisées pour financer des mesures de protection de l'environnement et de la santé publique. Une taxe annuelle comprise entre 13,500.00 DA et 180,000.00 DA est fixée dépendant de la catégorie de l'établissement classé. (CNTPP, 2020)

3.6.2 Taxe sur les produits pétroliers

Cette taxe s'applique à tout établissement où existent les produits pétroliers, importés ou obtenus en Algérie, généralement dans les grandes usines.

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

Selon l'article **28** sous la partie Tarification des produits pétroliers de la **Loi n° 21-16 du 25 Jomada El Oula 1443 correspondant au 30 décembre 2021 portant loi de finances pour 2022** : « Il est institué, au profit du budget de l'Etat, une taxe sur les produits pétroliers ou assimilés, importés ou obtenus en Algérie, notamment en usine exercée. » (JORADP, 2022).

3.6.3 Taxe complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle

Implantée suivant le Décret exécutif n° **07-299** du **15 Ramadhan 1428** correspondant au **27 septembre 2007** fixant les modalités d'application de la taxe complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle. Cette taxe concerne les quantités d'effluents émises dépassant les valeurs limites fixées par les dispositions du décret exécutif n° **06-138** du **Rabie El Aouel 1427** correspondant au **15 avril 2006**. Cette taxe vise à engager les entreprises industrielles à réduire leurs émissions de polluants atmosphériques en les soumettant à une taxation complémentaire en plus de la TAPD (JORADP).

3.6.4 Tarification progressive de l'électricité

Cette tarification a été mise en place en 2020 en Algérie, et a pour but de réduire les émissions des gaz à effet de serre en encourageant les consommateurs de réduire leur taux d'utilisation des énergies électriques. Le système de tarification repose sur 3 paliers de consommation, chacun avec un prix différent selon la consommation, allant de 0 à 200kWh, de 201 à 500kWh et de plus de 500kWh par mois. Le prix des tarifications augmente progressivement selon le palier ou le consommateur est classé, avec le premier palier ayant un prix assez bas.

3.7 Solutions face à la pollution de l'air en Algérie

Face au problème de la pollution, l'Algérie a toujours adopté une approche réglementaire se concentrant principalement sur la réduction des émissions des effluents atmosphériques par la réglementation (Ministère de l'environnement, 2022). En adoptant cette méthode, les responsables des établissements provoquant des rejets atmosphériques sont sensibilisés et obligés de suivre les exigences réglementaires relatives à la protection de l'environnement.

Selon Mme Samia Moualfi, la ministre de l'environnement et des énergies renouvelables : « Le département de l'Environnement et des Énergies Renouvelables

Chapitre III : Protection juridique de l'atmosphère dans le monde et en Algérie

œuvre, en coordination avec le Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales, à étendre l'utilisation des énergies renouvelables et réaliser la transition énergétique en Algérie. ». Elle a aussi souligné le 25 février 2023, que l'Algérie fait partie des pays qui travaillent pour réduire les gaz à effet de serre en honorant ses engagements dans la mise en œuvre de l'accord de Paris. Cette participation prouve alors que l'Algérie a tendance à respecter les exigences des conventions et accords internationaux. (Ministère de l'environnement, 2023)

L'Algérie essaie donc de réduire les pollutions par :

- Prise des mesures réglementaires et fiscales.
- Participation à la coopération internationale pour l'élaboration des accords et des conventions universelles.
- Réduction des émissions polluantes en implantant des mesures plus strictes en ce qui concerne la protection de l'environnement.
- Transition vers des énergies renouvelables.
- Mise en place des systèmes de gestion des déchets plus efficaces.
- Protection des ressources en eau.
- Sensibilisation et éducation de la population de l'importance de la protection de l'air.

Références bibliographiques et Webographie

AND, 2023 : <https://and.dz/presentation/cadre-institutionnel-et-reglementaire/>

CANADA GOUV, 2022 : Gouvernement du Canada, site officiel, article : Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique de la CEE-ONU (Protocole de Göteborg) (Protocole à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD) de la CEE-ONU) le 02 Sept. 2022 sur Canada.ca

CNTPP, 2020 : Site officiel du centre nationale des technologies plus propres, sur <http://cntppdz.com/presentation/qui-sommes-nous/>

CONSTRUCTION21, 2022 : l'Agence Nationale des Changements Climatiques, <https://www.construction21.org/algerie/company/h/lagence-nationale-des-changements-climatiques.html>

ECOLEX, 2017 : <https://www.ecolex.org/fr/details/legislation/loi-no-83-03-relative-a-la-protection-de-lenvironnement-lex-faoc004047/>

HAMITI, (2020) : La fiscalité environnementale comme outil de protection de l'environnement en Algérie (p.506 de 523). Dr HAMITI Dalila, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, Algérie, d.hamiti@yahoo.fr. Publié le 28/12/2022

JORADP, 2022 : Journal Officiel, Loi n° 21-16 du 25 Jomada El Oula 1443 correspondant au 30 décembre 2021 portant loi de finances pour 2022 disponible sur <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2021/F2021100.pdf>

M'HAMED, (2005) : La loi de finances pour 2005 a du vert : un nouveau moratoire pour les déchets spéciaux, disponible sur : http://www.jne-asso.org/archives/05/15_mars/actu_inter.html (consulté le 25 mai 2023).

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 2022 : Site officiel du ministère de l'environnement et des énergies renouvelables, dans l'article des missions du ministère.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 2023 : Site officiel du ministère de l'environnement et des énergies renouvelables, dans l'article « La production de l'énergie solaire traduit le respect de l'Algérie de ses engagements internationaux ». Publié le 23 Février 2023.

MYCLIMATE, 2022 : article « Qu'est-ce que le protocole de Kyoto ? », publié en Décembre 2022

ONEDD, 2018 : Site officiel de l'observatoire nationale de l'environnement et du développement durable, sur <https://www.onedd.org/qui-somme-nous>

ONU, 2019 : Convention de Minamata sur le mercure ; Textes et annexes, ONU. Disponible sur Mercuryconvention.org

UNFCCC, 2016 : <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>

VIENNE, 2001 : Tiré de la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone, Articles 2 (p.3), 3 (p.4) et 4 (p.5). Version PDF disponible sur Le site officiel de l'université de Genève

WIKIPEDIA, 2007 : article ; Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, publié en Janvier 2007 (consulté le 14 mai 2023)

Chapitre IV

Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

4. Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

4.1 Réduire les émissions de gaz à effet de serre

Sous l'effet combiné des gaz à effet de serre et du phénomène météorologique, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a averti le mercredi 17 mai 2023 que la période estimée entre 2023 et 2027 sera la plus chaude période de l'univers. (Millard, 2023). Il est donc important de réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et d'autres gaz à effet de serre :

Tab. 5 - Les GES selon leurs sources d'émissions, les effets qu'ils posent sur la santé et l'environnement, ainsi que les moyens nécessaires pour les réduire (Badillo, 2023).

Les GES	Source	Effet sur la santé/ Environnement	Moyens pour réduire
Dioxyde de carbone CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Transports - L'agriculture intensive - Consommation d'électricité. - Déforestation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maladies respiratoires - Augmentation de la température moyenne de la terre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire ses déchets, privilégier les transports communs, réduire les consommations d'eau et d'énergie, encourager les énergies renouvelables.
Méthane CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> - Élevage intensif de bovins - Fuites dues aux exploitations pétrolières et gazières. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maladie cardiovasculaire. - Formation de smog et dégradation de la qualité de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la gestion des déchets, encourager l'efficacité énergétique. - Éviter les peintures à base de solvants.
Protoxyde d'azote N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'engrais, les ateliers de production d'acide nitrique. - décomposition des déchets organiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Cancer - Réchauffement climatique, diminution de la couche d'ozone. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encourager les pratiques agricoles durables. - Mieux utiliser les engrais minéraux et augmenter les ressources organiques
Les gaz fluorés HFC PFC SF ₆	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de réfrigérants. - Production de semi-conducteurs, gaz propulseurs... 	<ul style="list-style-type: none"> - Maladies respiratoires, cardiovasculaires et - cancer et dégradation de la qualité de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Limiter l'utilisation des gaz fluorés. - Encourager l'utilisation de technologies alternatives.
Ozone (troposphérique) O ₃	<ul style="list-style-type: none"> - NO_x : La combustion du charbon, à l'essence et à l'huile des véhicules moteurs. - COV : l'évaporation des combustibles liquides et des solvants. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des problèmes respiratoires, des irritations des yeux et des voies respiratoires - Nuire aux plantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire les émissions des véhicules et des centrales électriques. - L'utilisation de technologies propres et l'amélioration de l'efficacité énergétique.
La vapeur d'eau H ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> - Refroidissement des équipements industriels 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la température moyenne de la terre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser les pratiques agricoles durables. - Encourager la reforestation

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

	– Évaporation de l'eau des océans, des lacs, des plantes...	– Aucun effet sur la santé	– Encourager l'utilisation de technologies propres
--	---	----------------------------	--

Le déséquilibre provoqué par les GES entraîne le réchauffement climatique, bien que les éliminer ne va jamais créer un grand changement et l'équilibre ne sera jamais rétabli rapidement, car certains gaz à effet de serre ont une durée de vie très longue dans l'atmosphère. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'éliminer à la source ou les traiter avant d'être accoupler avec l'air pur (Badillo, 2023).

Tab. 6 - Durée de vie estimée de chaque GES (Ademe, 2020)

Type de gaz	Durée de vie
Dioxyde de carbone (CO ₂)	100 ans
Méthane (CH ₄)	12 ans
Protoxyde d'azote (N ₂ O)	120 ans
Halo-carbures	Jusqu'à 50 000 ans
Vapeur d'eau	Quelques jours

4.2 Captage et le stockage du carbone CSC (CCUS-Carbon Capture, Use and Storage)

Il s'agit d'une technologie qui consiste à réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère en capturant le CO₂ émis par les industries et les centrales électriques dès sa source de production, en le réutilisant ou en le stockant de manière sûre et permanente sous terre ou dans d'autres formations géologiques. Un récent rapport du think-tank Energy Transitions Commission basé à Londres estime que la capture et la séquestration du carbone (CSC) permettrait de stocker une partie des émissions de gaz à effet de serre des activités que les industriels ne parviendront pas décarboner d'ici 2050. Cette technologie a pour but de cantonner le réchauffement climatique entre 1,5 et 2°C (Leprovost, 2022).

Et en vue d'atteindre la neutralité carbone en 2050, 7.6 Gt de CO₂ devront être captés par an, soit 20 % des émissions actuelles comme il peut être utilisé dans des processus industriels, tels que la fabrication de carburants synthétiques, de matériaux de

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

construction, de produits chimiques ou étant réinjecté dans des puits de pétrole (Huyghe ; Da Cruz, 2019).

En 2013 l'Algérie a entrepris l'un des premiers projets au monde de capture et de stockage du CO₂ en milieu géologique. (Bensaâd, 2013) Qui a été conçu pour objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et à limiter les impacts du changement climatique (Lutzky, 2009). Une étude a été faite afin de calculer un nouvel indicateur appelé « coût humain du carbone », qui établit les morts additionnelles engendrées par l'émission d'une tonne de CO₂. Selon cette dernière, 4.434 tonnes de carbone suffisent ainsi à tuer une personne dans le monde.

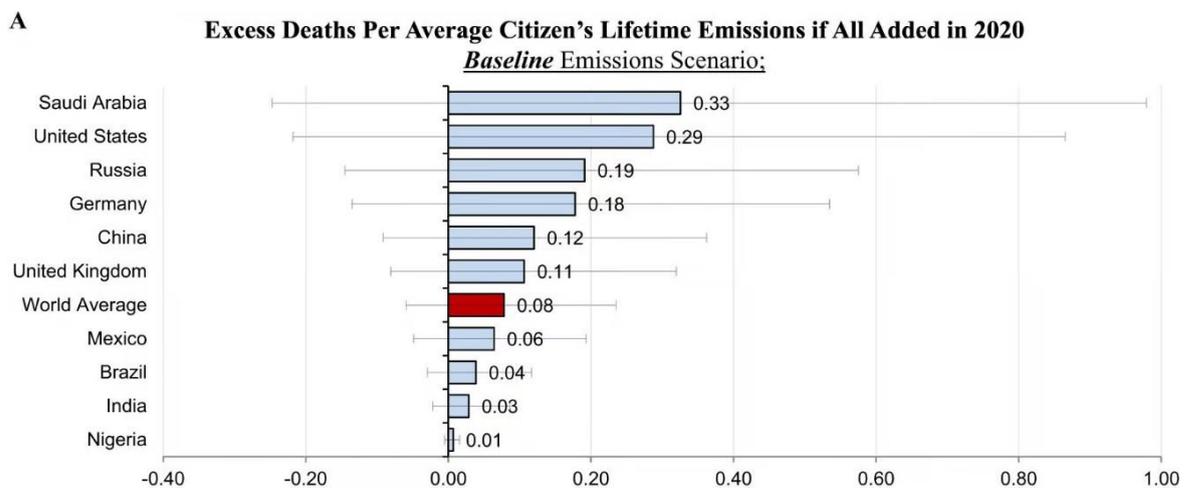


Fig. 4.1 - Morts additionnelles générées par les émissions d'un habitant sur sa durée de vie. (Bressler, 2021)

4.3 4.3 SAMA SAFIA

Est l'un des projets les plus intéressants en Algérie qui permet avec précision de surveiller la qualité de l'air et les concentrations des principaux polluants dans l'atmosphère. Son 1^{er} et unique objectif est de surveiller la qualité de l'air, informer et sensibiliser la population et les autorités concernées.

L'analyse des données réalisée entre les années 2002 et 2004 a montré l'existence confirmée d'une pollution notamment au niveau du site El-Bouni et Sidi Amar Annaba. D'après les données de SAMA SAFIA, les résultats et les seuils de l'OMS, les poussières représentent le polluant le plus important au niveau de cette zone, dépassant le seuil de 50 µg/m³ recommandé par l'OMS (Tlili et al, 2009).

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

4.4 Bio-surveillance végétale

La bio-surveillance végétale, également appelée bio-indication végétale ou bio-monitoring végétal, est une méthode qui permet une surveillance plus holistique de l'environnement utilisant des plantes comme indicateurs de la qualité de l'air, ces plantes sont sélectionnées en fonction de leur capacité à réagir rapidement et de manière visible aux changements environnementaux. Elle est alternative aux méthodes physico-chimiques, à la fois simple, rapide et peu coûteuse, ce qui facilite l'accroissement des points de surveillance. Elle permet de même de définir la nature, la distribution des polluants présents dans l'air et leur danger envers la population (Maatoug et al, 2011).

4.5 Smart Cities

La ville intelligente ou Smart city, est un concept créé la première fois au Royaume-Uni exactement à la ville de Southampton, cette dernière a tendance à régler plusieurs problématiques liées à la surveillance de la qualité de l'air tout en intégrant des capteurs pour surveiller en temps réel les niveaux de pollution atmosphérique dans différentes zones de la ville, l'utilisation intelligente des transports et la mise en place des infrastructures énergétiques intelligentes (Simard, 2015).

4.6 Utilisation de sources d'énergie propres

L'utilisation d'énergie propre est l'un des moyens les plus efficaces de réduire la pollution de l'air en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants. La source d'Énergie propre respecte ces deux volets :

- Leur exploitation ne rejette pas ou peu de CO₂.
- Ne participe pas ou peu à l'effet de serre ou à la destruction de la couche d'ozone

Voici quelques exemples d'énergie propre :

- L'énergie solaire (la plus emblématique des énergies propres)
- L'énergie géothermique
- L'énergie éolienne
- L'énergie marémotrice / hydroélectrique
- L'énergie issue de la biomasse (ENGIE, 2020).

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

4.7 Gestion des déchets

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la gestion des déchets peuvent être réduites par les entreprises en privilégiant l'utilisation des matériaux recyclés ou renouvelables, et en minimisant les pertes et les rejets de matières premières. Elles peuvent opter pour la réutilisation des produits, des emballages et des équipements, ou mettre en place des systèmes de consigne ou de récupération de produits.

Les entreprises peuvent également mettre en place des systèmes de gestion des déchets pour gérer les résidus générés par leurs activités. Ces systèmes peuvent inclure la collecte sélective, le tri et le traitement des déchets, ainsi que la mise en place de systèmes de compostage et de recyclage. D'ailleurs en Algérie elle est considérée comme une action prioritaire du ministère chargé de l'environnement ces dernières décennies (Djemaci, 2013).

En outre, les entreprises peuvent encourager la participation de leurs employés à des initiatives de réduction des déchets, en les sensibilisant aux enjeux environnementaux et en les impliquant dans des programmes de tri et de recyclage.

4.8 Sensibiliser la population

Selon l'OMS, la pollution de l'air tue environ sept millions de personnes chaque année soit près de 12% des décès dans le monde. Elle est responsable de 35% des décès liés aux maladies pulmonaires, de 27% des décès dus à une maladie cardiaque, de 34% des décès dus à un accident vasculaire cérébral et de 36% des décès dus à un cancer du poumon (OMS, 2016).

C'est pour cela qu'elle a lancé une campagne afin de sensibiliser la population aux dangers liés à la pollution de l'air, « Respire la vie ».

« Respire la vie » met en avant les politiques pratiques que les villes peuvent mettre en œuvre pour améliorer la qualité de l'air à travers la sensibilisation des individus et les communautés sur les comportements à adopter plus durable et écologique pour but d'atteindre un air plus pur tels que l'arrêt de l'incinération des déchets, le développement des espaces verts et le choix de la marche ou du vélo (OMS, 2016).

4.9 Mettre en place un système de gestion de l'environnement

La mise en place d'un système de gestion de l'environnement peut aider les entreprises et les organisations à identifier les domaines où elles ont le plus d'impact sur

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

l'environnement et à mettre en place des mesures pour réduire cet impact. Cela peut inclure la mise en place de pratiques plus durables en matière d'énergie, de gestion des déchets, de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de gestion de l'eau et de préservation de la biodiversité.

La fondation d'un système de gestion de l'environnement peut également aider les entreprises et les organisations à se conformer aux réglementations environnementales en vigueur et à réduire les risques juridiques et financiers associés aux violations de ces réglementations.

Et en intégrant un système de management environnementale SME dans les processus de production, les entreprises peuvent contribuer à la lutte contre la pollution atmosphérique et à la protection de l'environnement (Haurie, 1996).

4.10 Adopter la culture des bâtiments verts

Les bâtiments verts, également connus sous le nom de bâtiments durables ou écologiques ont gagné en popularité dans le monde entier au cours des dernières décennies, en raison de leur contribution à la durabilité environnementale et à l'efficacité énergétique offrent à la population :

4.4.1 Efficacité énergétique

L'utilisation efficace de l'énergie reflète l'usage adéquat des bâtiments verts, en plus ils sont conçus pour être économes en énergie. Ils intègrent des techniques d'isolation efficace, des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation performants, ainsi que des équipements économes en énergie (KNX, 2022).

4.4.2 Source d'énergie renouvelable

Les bâtiments verts L'utilisation d'énergies renouvelables, comme l'énergie solaire, peut réduire la dépendance aux combustibles fossiles tout en contribuant à la diminution des factures d'énergie. Favorisent ainsi une utilisation efficace de l'eau, en intégrant des systèmes de récupération des eaux de pluie, et les eaux grises (KNX, 2022).

4.4.3 Mesures de réduction de la pollution

En consommant moins d'énergie provenant de sources fossiles, les bâtiments verts contribuent à réduire les émissions de gaz à effet de serre responsables du changement

Chapitre IV : Techniques de traitement de la pollution atmosphérique

climatique. Ils jouent ainsi un rôle crucial dans la lutte contre le réchauffement climatique et la préservation de l'environnement (KNX, 2022).

4.4.4 Bonne qualité de l'environnement intérieur

Les bâtiments verts accordent une atmosphère agréable et saine. Une bonne régulation thermique, un air propre et un faible niveau sonore. Ils intègrent des systèmes de ventilation et de filtration de l'air de haute qualité, réduisant ainsi la présence de polluants et améliorant la santé et le confort des occupants (KNX, 2022).

4.11 Agriculture durable

Des techniques agricoles durables, telles que l'agriculture de précision, l'agroforesterie et l'agriculture verticale, contribuent à bannir l'agriculture chimique qui n'est pas durable et qui appauvrit et détruit les sols ainsi que pollue les nappes phréatiques, (Lahdiri, 2023) participe également à la purification de l'air en absorbant les polluants atmosphériques.

Adopter une agriculture durable permet :

- Utilisation optimale des ressources naturelles, en priorité de l'eau.
- Recyclage des déchets végétaux et animaux pour fertiliser la qualité des sols (compost et fumier).
- Utilisation des déchets verts comme biomasse (combustible, carburant, biogaz) pour créer de l'énergie.
- Limitation des émissions de gaz à effet de serre en libérant ainsi plus d'oxygène.
- Limitation de la pollution des milieux, en diminuant l'utilisation des engrais et des pesticides.
- L'autosuffisance qui permet au développement économique local.
- Traçabilité des produits pour garantir la sécurité alimentaire.
- Maintien de la biodiversité, de l'écosystème naturel et du patrimoine génétique des espèces cultivées endémiques.
- Aménagement des paysages agricoles et lutte contre la désertification.
- Respect du bien-être animal.
- Régulation thermique en réduisant la chaleur et en fournissant de l'ombre. (GEO, 2018)

Références

Références bibliographiques et webographie

ADEME, 2020 Durée de vie estimée de chaque GES, Le changement climatique en 10 questions publié en Juil 2020 par Ademe.

BADILLO, 2023 Effet de serre : définition et conséquences sur l'environnement, publié par Anais Badillo en Mai 2023, Selectra.

BENSAAD, 2013 Séquestration géologique du dioxyde de carbone, mis à jour en 2018 par Dr Hocine Bensaâd, Le Soir d'Algérie.

BRESSLER, 2021 Morts additionnelles générées par les émissions d'un habitant sur sa durée de vie par DANIEL BRESSLER, NATURE COMMUNICATION

DJEMACI, 2013 La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité, HAL 393p

ENGIE, 2020 L'énergie propre : une solution d'avenir, publié le 12 mars 2020 et mis à jour le 19 mars 2020, Energie propre, ENGIE.

GEO, 2018 Agriculture durable : définition, principes et enjeux, publié le 12 Déc 2018 Mis à jour le 29 Juil 2022, GEO

HAURIE, 1996 Gestion de l'environnement et entreprise, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR) 292p

HUYGHE ; DA CRUZ, 2019 captage, stockage et valorisation du CO₂, Contexte et enjeux publié le 19 fév. 2019 par Raphaël Huyghe et Antonio Pires Da Cruz, IFP Energies Nouvelles

KNX, 2022 Qu'est-ce qu'un 'bâtiment vert' et quelles sont ses caractéristiques ? publié en Mai 2022 par Energy Management

LAHDIRI, 2023 Agriculture durable : Ce que la permaculture apportera à l'Algérie, EL Watan, by Algeria-Watch

LEPROVOST, 2022 La capture et le stockage du carbone, une technologie indispensable mais loin d'être suffisante pour relever le défi climatique publié le 22 Juil 2022 par Julien Leprovost, GoodPlanet mag.

LUTZKY, 2009 L'Algérie aux premières loges de la capture et du stockage du CO₂, publié le 11 Novembre 2009 à 18h21 par ANA LUTZKY, L'usine nouvelle.

MAATOUG et al, 2011 Intérêt de la biosurveillance végétale de la pollution atmosphérique pour les pays en émergence. Exemple de l'Algérie, publié en Déc 2011 par M'Hamed MAATOUG, Mohamed AIT HAMMOU et Mohamed SARMOUM Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – Université Ibn Khaldoun, Tiaret – Algérie. 76p

MILLARD, 2023 La période 2023-2027 sera sans doute la plus chaude jamais enregistrée, publié par Robin Millard, Agence France-Presse à Genève, Journal le Devoir.

OMS, 2016 'Respire la vie' : l'OMS lance une campagne pour sensibiliser aux dangers liés à la pollution de l'air, cet article a été publié le 19 Oct 2016 par Nations Unies.

Chapitre V

*Lutte contre la pollution
atmosphérique : aspect clé de la
prévention du dérèglement
climatique*

Réalisation du mur végétal

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique et réalisation du mur végétal

5.1 Réalisation d'un mur végétal 3D



Image 5.1 - Réalisation 3D d'un mur végétal rempli de plantes dépolluantes



Image 5.2 - Implantation du modèle du mur végétal dans un salon 3D

Moyens techniques pour la réalisation :

Ce modèle 3D a été réalisé en utilisant la dernière version du logiciel de modélisation 3D **Blender** créé par **Ton Roosendaal** en 1994 sur Windows.

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

5.2 Matériel végétal du mur végétal

5.2.1 Feutre horticole / polyamide

Le feutre horticole (fig. 12) est fabriqué à base de fibres textiles agglomérées, appelé aussi Aquanappe, est à la fois indéchirable, incorruptible, hydrophile et aéré, sert à un support pour la réalisation du mur végétal interne ou externe. Le feutre possède un pouvoir de rétention d'eau qu'il absorbe par capillarité et joue ainsi le rôle de l'humus. (Impact Synergie, 2022).



Fig. 12 - Feutre horticole (Impact Synergie)

5.2.2 Sphaigne

Ou *sphagnum* (fig. 13) pousse dans les tourbières. Il existe environ 3000 espèces de sphaigne dont 150 sont rares. Cette plante a pour objectif d'absorber l'eau comme une éponge, jusqu'à 20 fois son poids en eau grâce à la ceinture de cellules vides qui entourent les cellules chlorophylliennes ce qui permet d'aérer la terre et soulager les racines de la plante. Cette mousse possède un pouvoir antibactérien permettant de lutter contre les maladies de la plante et ses pourritures (Gamm Vert, 2018) (Jeanne, 2022).



Fig. 13 – Sphaigne (Auxine)

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

5.2.3 Fourrage

Il sert à réduire l'érosion ainsi qu'améliorer la qualité des sols et de la matière organique. Ils absorbent également le dioxyde de carbone, et contribuent à la réduction nette des émissions de gaz à effet de serre (Klein et *al.*, 2014).



Fig. 14 – Fourrage (Vergey)

5.2.4 Paillis organique

Permet de retenir l'eau dans le sol (jusqu'à 40%), ainsi qu'en se décomposant il devient pour la terre un perfectionnement fertilisant naturel (Bragard, 2021).

5.2.5 Terreau

Le terreau est un mélange de matières organiques utilisé comme substrat pour favoriser la croissance des plantes. Il est composé principalement de débris végétaux décomposés tels que des feuilles, des écorces, des tiges et des déchets de jardin. Ces matières organiques fournissent des nutriments essentiels aux plantes et favorisent le développement des racines. De plus, le terreau offre une bonne aération du sol et une rétention d'eau (Jardin futé, 2019) (Jardel, 2016).

5.3 Choix de la plante

Pendant la réalisation d'un mur végétal dont le but est basé plus sur la purification de l'air et la dépollution. Le choix des plantes se fait en se basant sur la capacité de la plante à absorber les gaz dans l'espace où elle se trouve, ceci en prenant en compte en même temps :

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

- L'emplacement du Mur Végétal pour déterminer le type de la plante (d'intérieur ou d'extérieur)
- La tolérance de la plante à l'ombre ou à la lumière
- Les besoins de la plante en eau
- Taux de croissance (lent = meilleur)
- Esthétique et beauté de la plante (pour un effet anti-stress)
- La disponibilité de la plante (sur le marché) (Benkouider et Khatir, 2021).

Remarque : Une synergie entre les plantes est cruciale dans un mur végétal pour assurer une bonne croissance des plantes, et pour diminuer le taux d'entretien que le mûr exige.

Certaines plantes ont la capacité d'absorber les gaz et peuvent fixer les poussières sur leurs feuilles, limitant ainsi les risques d'allergies, elles ont aussi un effet anti-stress et sur les gens qui les entourent (Christian, 2010). On cite quelques-unes :

- **La langue de belle-mère** (*Sansevieria*) (fig. 15/A) est une plante d'intérieur originaire d'Afrique. Elle est considérée comme une plante dépolluante, Générateur d'oxygène pendant la nuit ce qui en fait une plante bien adaptée pour la chambre. Elle absorbe 53 % du benzène (GEO, 2018) (Christian, 2010). La sansevieria réclame une bonne lumière et supporte une température comprise entre 10 et 13 °C. Son entretien est estimé une à deux fois par mois durant l'année, sauf durant les fortes chaleurs, un arrosage de trois fois par mois suffira (Abc-meubles 2020) (Minutes Maison, 2021).
- **La Plante Araignée** (*Chlorophytum Comosum*) (fig. 15/B) est une plante d'intérieur originaire d'Afrique du sud est efficace pour éliminer les polluants de manière qu'en 24 heures seulement, le chlorophytum est capable d'absorber 96% du CO et 86% du formaldéhyde contenu dans une chambre fermée, en 1987 NASA l'a classé parmi les plantes les plus dépolluante (Willard et al, 1989) (Christian, 2010). Le Chlorophytum pousse à des températures comprises entre 7 et 18°C avec un arrosage modéré autrement dit, dès que le terreau s'assèche (Minutes Maison, 2023).
- **Le Pothos** (*Epipremnum aureum* ou *Scindapsus aureus*) (fig. 15/C), également connu sous le nom de lierre du diable, est une plante d'intérieur originaire des forêts

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

tropicales du sud-est asiatique, considérée comme une plante dépolluante très efficace. Elle est connue pour sa capacité à filtrer divers polluants de l'air intérieur, elle a le pouvoir d'absorber 75 % du monoxyde de carbone, 73% du benzène, 67 % du formaldéhyde et une partie du toluène. Tolère une température autour des 18°C, qui ne descend pas sous les 14°C. La lumière indirecte à faible luminosité est bien conseillée, son entretien exige en été un arrosage tous les 8 jours, et en hiver tous les 15 jours (Jérôme, 2022) (Réconciliation végétale, 2019) (Christian, 2010).

- **Fleur de lune** (*Spathiphyllum*) (fig. 15/D) est une plante d'intérieur à longues feuilles vertes, résistante et facile d'entretien avec une croissance rapide. Cette plante absorbe jusqu'à 80 % du benzène, et peut détruire jusqu'à 50 % du formaldéhyde. Attention cette plante est toxique pour vos animaux de compagnie (Christian, 2010).
- **Bégonias** (fig. 15/E) est une plante tropicale cultivable à l'extérieur comme à l'intérieur. Cette plante nécessite une bonne quantité de lumière en évitant les rayons solaires directs, et un arrosage moyen sans excès (Christian, 2010).
- **Peperomia** (de la famille des pipéracées) (fig. 15/F) est une plante d'intérieur d'origine tropicale des forêts d'Amérique du Sud et centrale, avec des couleurs et feuillages très diversifiés. Cette plante à une croissance lente qui ne demande pas trop d'entretien, et nécessite une grande quantité de lumière et redoute l'excès en eau.
- **Ficus** (Figuier) de la famille des *Moraceae*, représente un arbuste, arbre ou des lianes avec une grande variété d'espèces. Très répandu en Afrique et dans le monde entier. Le Ficus est une plante très résistante qui nécessite le minimum d'entretien et d'arrosage, et étant généralement une plante d'extérieur, il existe tout de même quelques espèces d'arbustes tel que le *Ficus Elastica* (ou arbre à Caoutchouc) et le *Ficus Microcarpa* qui peuvent être cultivées à l'intérieur dans des pots de jardinage. Ils sont connus pour leur grande capacité de purification de l'air et de dépoussiérage, et il est efficace contre le formaldéhyde, en seulement 24 heures il peut éliminer la moitié du formaldéhyde contenu dans la pièce où il se trouve (Christian, 2010).

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

- **Dragonnier** (*Dracaena*) de la famille des *Agavacées* est un arbuste à feuillage vert et persistant de croissance lente. Cette plante est un excellent dépolluant de l'air, le *Dracaena Marginata* est capable d'absorber 76% du benzène contenu dans la pièce où il se trouve, Le *Dracaena Fragrans* et le *Dracaena Massangeana* éliminent 70 % du formaldéhyde. Quant au *Dracaena Deremensis* « Warneckii » il n'en détruit que 50 %, mais absorbe 25 % du trichloréthylène. Ces plantes sont résistantes et s'adaptent très bien à l'intérieur des maisons, nécessitant une bonne quantité de lumière et un milieu à température ambiante (Christian, 2010).
- **Lierre grimpante** (*Hedera helix*) (fig. 15/H) est une plante grimpante ou retombante d'extérieur à l'origine, mais avec des variantes à petites feuilles qui peuvent être cultivées à l'intérieur. Cette plante nécessite un entretien moyen, et un arrosage programmé dans une température ne dépassant les 15°C pour lui permettre de garder ses feuilles. Elle permet de minimiser les problèmes respiratoires liés aux allergies et de filtrer les toxines présentes dans l'atmosphère de la maison, et en absorbant en peu de temps 90% du benzène et 11 % du trichloréthylène et du formaldéhyde contenu dans la pièce où elle se trouve (Christian, 2010). Le lierre absorbe l'excès d'humidité, et a une action chimique éliminatrice sur les champignons, bactéries ou parasites pouvant s'attaquer à un arbre.
- **Pied de canard** ou **Patte d'Oie** (*Syngonium podophyllum*) (fig. 15/G) est une plante d'intérieur facile à cultiver, pouvant être grimpante ou retombante selon son installation. Un très bon dépollueur des formaldéhydes et du Xylène (Christian, 2010).
- **Fougères** (*Filicophyta*) (fig. 15/I) sont des plantes vertes regroupant un des plus grands nombres d'espèces de la même famille, avec près de 13000 espèces connues, cultivables à l'intérieur ou à l'extérieur. *Nephrolepis exaltata*, une espèce de fougère élimine 1863µg de formaldéhyde par heure (Wolverton et Wolverton, 1993). Le tableau 6 résume les capacités de dépollution des plantes citées ci-dessus :

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)



(A) Sansevieria



(B) Chlorophytum



(C) Pothos



(D) Spathiphyllum



(E) Bégonia



(F) Peperomia



(G) Syngonium



(H) Lierre grimpante



(I) Fougère

Image 5.3 - Illustrations des plantes dépolluantes

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

Tab. 7 – Plantes dépolluantes et leurs effets en fonction des polluants (Gamm vert, 2018).

Polluants Plantes	Formaldéhyde	COV			Ammoniac	Monoxyde de carbone
		Toluène	Benzène	Xylène		
Sansevieria (Langue de belle-mère)	90%	10%	53%	10%	\	\
Chlorophytum (Plante araignée)	86%	12%	12%	16%	\	96%
Dracaena (Dragonnier)	70%	25%	76%	60%	\	\
Spathiphyllum (Fleure de lune)	50%	71%	80%	73%	62%	\
Filicophyta (Fougère)	73%	\	\	42%	\	\
Scindapsus (Pothos)	67%	60%	73%	\	\	75%
Ficus (Figuier)	50%	20%	20%	62%	67%	\
Hedera Helix (Lierre)	11%	\	90%	11%	\	\

5.4 Différents principes et bases pour le fonctionnement d'un MV

Pour fonctionner d'une manière complète, cohérente et efficace, un mur végétal a besoin de :

- **Entretien continu** : Essentiel pour assurer la bonne santé des plantes, pour maximiser leur capacité de filtration de l'air, et garder leur bonne allure et aspect esthétique en leur assurant un arrosage adéquat de la fertilisation périodique. Ainsi que l'entretien du matériel non végétal tel que les tuyauteries du système d'irrigation, la maintenance préventive de la pompe, vérification du système de support... etc.

- **Bon emplacement** : l'emplacement du mur végétal doit être choisi pour assurer toutes les exigences des différentes plantes qu'on y plante (ventilation et lumière suffisantes selon le type de plantes)

- **Système d'irrigation adéquat** : On doit utiliser un système d'irrigation adéquat en prenant en compte plusieurs facteurs :

- Le type de plantes utilisé pour savoir leur besoins en eau
- Les conditions de lumière
- Le type de sol/substrat utilisé

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

5.5 Emplacement du mur végétal

Le choix de l'emplacement pour un mur végétal est primordial afin d'assurer le développement des plantes. L'emplacement doit être choisi en fonction de la température, l'humidité et la luminosité. Et afin de réussir son implantation verticale, voici quelques points à suivre :

- Évitez toute zone en contact direct avec les rayons solaires qui risquent de faire griller les plantes.
- Évitez tous les grands points de chaleur ; cheminées, chauffage et poêle à granulés.
- Évitez, évidemment toute zone à températures négatives, qui peuvent, dans une véranda ou un jardin d'hiver.
- Évitez les petites surfaces ; couloirs étroits et très fréquentés (Neogarden, 2022).
- Privilégiez les taux de lumière de manière harmonieuse pour que les plantes poussent de la même manière.
- Adoptez l'idée de « peu de lumière, peu de plantes ».
- A l'absence de la lumière du jour, l'utilisation de lumière artificielle à une puissance de 200 W/m^2 est nécessaire pour combler les besoins d'une grande proportion de végétaux (Jessica et al, 2022).
- La température ambiante est calculée selon le type de plante, variant entre 10 à 30 °C.

5.6 Avantages d'un mur végétal

5.6.1 En terme sanitaire, d'esthétique, de volume, de couleur, de fraîcheur

Cette structure verticale présente tout d'abord un avantage sanitaire, elle contribue à améliorer la qualité de l'air en filtrant les polluants et les poussières (Cuny et al, 2009), ainsi qu'en régulant la température ambiante en libérant de la fraîcheur, permettant d'améliorer le confort respiratoire grâce à une diminution des poussières de 40%, cette valeur a été prouvée par Lorh, un chercheur américain qui a indifféremment trouvé une diminution de l'humidité de l'air de 30%, de même sa verdure représente un anti-stress et un anti fatigue (Neogarden, 2020).

D'autre part, elle présente une bonne solution pour toute propriété qui souhaite ajouter une touche de beauté naturelle à son espace, en utilisant le moins d'espace possible (Benkouider et Khatir, 2021).

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

5.6.2 En terme écologique avec production d'O₂ et diminution du CO₂ améliorant la qualité de l'air ambiant

Contrairement à ce qu'on entend, le rejet du CO₂ par les plantes la nuit est insignifiante. Car une plante verte dégage environ 40 fois moins de gaz carbonique qu'un être humain (Neogarden, 2022). D'autre part, environ 25% des émissions de carbone produites par l'activité humaine sont absorbées par les plantes, le mur végétal présente les mêmes avantages écologiques, en produisant de l'O₂ et en absorbant le CO₂ en plus des gaz polluants, une procédure qu'on appelle la phytoremédiation (Benkouider et Khatir, 2021), qui se définit comme "Utilisation de plantes (avec ou sans association avec des microorganismes) pour extraire, accumuler et/ou dégrader les contaminants du milieu où elles se développent." (Cuny et *al.*, 2012).

5.7 Réalisation d'un mur végétal

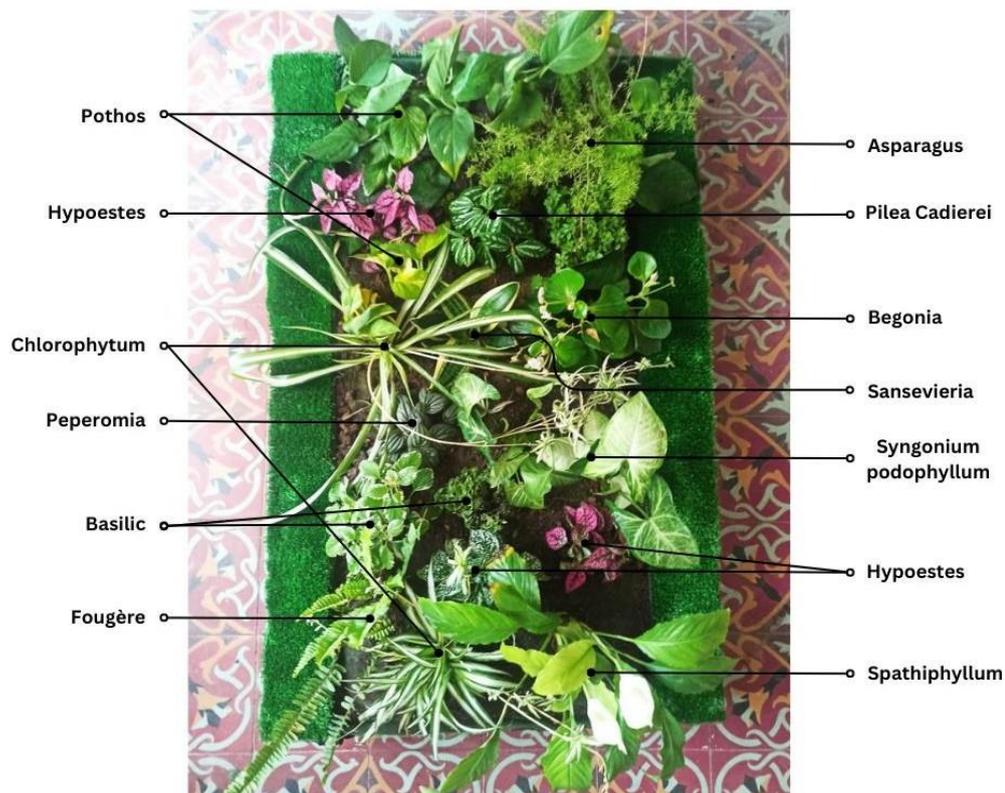


Image 5.4 Mur Végétal

Le mur végétal ci-dessus a été réalisé en utilisant :

- Des plantes avec une bonne capacité de dépollution
- Des plantes avec une beauté esthétique

Chapitre V : Lutte contre la pollution atmosphérique : aspect clé de la prévention du dérèglement climatique (réalisation du mur végétal)

- Des plantes dégageant une bonne odeur

5.8 Coût d'un mur végétal

Le coût d'un mur végétal peut varier considérablement en fonction de plusieurs facteurs, notamment la taille du mur, le type de plantes utilisées, la complexité de l'installation, et les frais d'entretien. En fonction du devis, on a pu estimer le coût du mur végétal comme suivant :

Tab. 8 - Coût total de la réalisation du modèle du mur végétal.

Produit	Quantité	Prix unité (DA)
Terreau	10kg	1000,00
Cadre en bois (Palette)	×1	600,00
Chlorophytum	×2	200,00
Sansevieria	×1	450,00
Fougère	×1	200,00
Hypoeste	×3	200,00
Pothos (petit modèle)	×1	300,00
Pothos (Grand modèle)	×1	650,00
Peperomia	×1	350,00
Pilea Cadiereri	×1	350,00
Bégonia	×1	350,00
Asparagus	×1	450,00
Syngonium	×1	450,00
Spathiphyllum	×1	800,00
Basilic	×3	150,00
Total		7400,00

Références bibliographiques et Webographie

ABC-MEUBLES 2020 : Plantes dépolluantes pour votre intérieur publié le 09 septembre 2020. Le mobilier en bois made in France.

AUXINE : <https://www.auxine-shop.fr/produits/substrats-et-pots/substrats-et-suppports-de-culture/sphaigne/>

BENKOUIDER, M., KHATIR, N., 2021 : Pollution de l'air et santé dans les milieux urbains, « Utilisation de la solution CityTree pour réduire la pollution de l'air » Cas d'étude : Place du 1er Novembre -Arzew. Année 2020/2021 (Consulté le 09/06/2023).

BRAGARD, A., 2021 : La gestion de l'eau : les avantages du paillage publié le 1^{er} Mai 2021, les plus beaux villages de France, mairie de Semur-en-Brionnais

CHRISTIAN, 2010 : Les plantes qui dépolluent votre air. Disponible sur https://v-assets.cdnew.com/fs/Cadeau/7js94-plantes_depolluantes.pdf

CUNY, D., HANOUN, B., RZEPKA, M.A., 2009 : Epuration et Biosurveillance par les plantes des polluants de l'air intérieur - Projet PHYTAIR phase 2 -" sous la Convention ADEME n°0762C0040. Janvier 2009 (consulté le 09/06/2023).

CUNY, D., HANOUNE, B., BULTEAU, G., GUILHOT, J., NICOLAS, N., 2012 : Epuration et biosurveillance par les plantes des polluants de l'air intérieur - Projet PHYTAIR phase 3 -" Convention avec ADEME. 2012 (Consulté le 06 Juin 2023)

GAMM VERT 2018 : Plantes dépolluantes (chlorophytum, dracaena...) | Gamm vert, basé sur l'article de l'ADEME - Plantes et épuration de l'air intérieur. <https://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/plantes-depolluantes-chlorophytum-dracaena>

GAMM VERT, 2018 La sphaigne : qu'est-ce-que c'est ? | Gamm vert

GEO 2018 : Plante dépolluante : est-ce que ça marche vraiment ? publié le Publié le 12 Déc 2018 et mis à jour le 18 Mai 2022 par GEO.

IMPACT SYNERGIE : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQTQSjNvH56ovWTf0PlcHOaSnQkSDtCSEvNVA&usqp=CAU>

IMPACT SYNERGIE, 2022 Feutre horticole publié le 16 juin 2022 par Impact Synergie.

JARDEL, D., 2016 : Terreaux, des normes pour bien choisir réalisé en Juin 2016, Dossier Le sol : un capital à protéger - Jardins de France 641. 5 p

JARDIN FUTE, 2019 Qu'est-ce que le terreau ? 18/08/2019

JEANNE, L.E 2022 : La sphaigne, une mousse extraordinaire publié le 5 Jan 2022, GROWSHOP

JEROME., 2022 : Le pothos, plante dépolluante : présentation et entretien publié le 31 Mai 2022, J'aime mes plantes.

Références bibliographiques et Webographie

JESSICA, C.C., HENAULT-ÉTHIER, L., GREGOIRE, G., 2022 : Les murs végétalisés publié le 04 Mai 2022, Société québécoise de phytotechnologie. 32 p

KLEIN, H.D., RIPPSTEIN, G., HUGUENIN, J., TOUTAIN, B., GUERIN, H 2014 : Les cultures fourragères réalisées par en 2014. Louppe. Éditions Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 264 p.

MINUTES MAISON, 2021 : Sansevieria (sansevière) ou langue de belle-mère, publié en Jan 2021 par Minutes Maison.

MINUTES MAISON, 2023 : Chlorophytum : le guide complet pour un bon entretien, publié en Juin 2023.

NEOGARDEN, 2020 : 7 bonnes raisons d'installer un mur végétal au bureau publié en Fév 2020 et mis à jour en Oct 2022 ; Murs végétaux naturels

NEOGARDEN, 2022 : Faire un mur végétal : tout ce qu'il faut savoir mis à jour le 18 décembre 2022 ; Murs végétaux naturels

PEGAS, P.N., ALVES, C.A., NUNES, T., BATE-EPEY, E.F., EYTYUGINA, M., PIO, C.A., 2012 : Les plantes d'intérieur pourraient-elles améliorer la qualité de l'air intérieur dans les écoles ? publié le 24 Oct 2012 par Pio. 1371-1380 P

RECONCILIATION VEGETALE, 2019 Conseils d'entretien et d'arrosage du pothos, plante d'intérieur facile à vivre publié le 21 Oct 2019.

VERGEY : <https://www.paille-et-fourrage.com/>

WILLARD, L., DOUGLAS, PH.D., BOUNDE, K., 1989 : Study of interior landscape plants for indoor Air Pollution Abatement, publié en Juil 1989, NASA. 14p

Conclusion générale

Conclusion générale

Pour conclure, l'être humain est exposé à de nombreuses sources de pollution au quotidien, engendrant ainsi des effets sur sa santé et sur son environnement. Cette pollution ne peut prendre fin que si l'être humain apprend à éliminer les polluants atmosphériques à la source en les diminuant ou en les remplaçant par ceux qui sont moins dangereux, par exemple la transition vers des sources d'énergie plus propres.

Autrement, L'Algérie a mis en place des mesures fiscales pour protéger son environnement, basées sur le principe de précaution et l'approche pollueur-payeur, de façon que chaque pollueur est dans l'obligation de payer pour ses émissions atmosphériques.

Il est essentiel de poursuivre les efforts de surveillance de la qualité de l'air, de recherche scientifique et d'innovation technologique pour mieux comprendre les sources de pollution atmosphérique.

Selon Bill Wolverton, le CO₂ n'est pas le seul polluant absorbé par les plantes, cela signifie que le mur végétal, une solution contemporaine offre de nombreux avantages. Il agit comme une barrière naturelle entre les sources de pollution et les zones urbaines, capturant les particules fines, les oxydes d'azote et d'autres composés toxiques émis par les activités humaines et industrielles. Contribuant ainsi à réduire l'effet de serre et à atténuer les changements climatiques (Planète healthy, 2022).

Les résultats de diverses études (Ecole primaire d'Aveiro et Université de Savoie) ont démontré l'efficacité des murs végétaux dans la réduction des niveaux de pollution atmosphérique (Pégas et *al.*, 2012). Cependant, il est important de noter que les murs végétaux ne peuvent pas résoudre à eux seuls tous les problèmes de pollution atmosphérique. Ils doivent être considérés comme une partie intégrante d'une approche globale de réduction des émissions et de contrôle de la pollution.

Cette conclusion mérite d'être largement prise en considération, permettant ainsi de maîtriser cette pollution et booster la population à implanter.